


VE RI TAS
SIGILLVM ACADEMIAE HARVARDIANAE IN NOV. ANG.
CHRISTO ET ECCLESIAE





Geschichte

der

Wissenschaften in Deutschland.

Neuere Zeit.

Fünfzehnter Band.

Geschichte der Botanik

vom

16. Jahrhundert bis 1860.

AUF VERANLASSUNG
UND MIT
UNTERSTÜTZUNG
SEINER MAJESTÄT
DES KÖNIGS VON BAYERN
MAXIMILIAN II.



HERAUSGEGEBEN
DURCH DIE
HISTORISCHE COMMISSION
BEI DER
KÖNIGL. ACADEMIE DER
WISSENSCHAFTEN.

München, 1875.
Druck und Verlag von R. Oldenbourg.

Geschichte

der

Botanik

vom

16. Jahrhundert bis 1860.

Von

Dr. Julius Sachs.

AUF VERANLASSUNG
UND MIT
UNTERSTÜTZUNG
SEINER MAJESTÄT
DES KÖNIGS VON BAYERN
MAXIMILIAN II.



HERAUSGEGEBEN
DURCH DIE
HISTORISCHE COMMISSION
BEI DER
KÖNIGL. ACADEMIE DER
WISSENSCHAFTEN.

München, 1875.
Druck und Verlag von R. Oldenbourg.

Vorrede.

Die Botanik umfaßt drei verschiedene Wissenschaften: die auf Morphologie gegründete Systematik, die Phytotomie und die Pflanzenphysiologie, welche zwar einem gemeinsamen Ziele, der allseitigen Kenntniß der Pflanzenwelt, zustreben; übrigens aber in ihren Forschungsmethoden ganz verschieden sind, daher auch wesentlich verschiedene intellectuelle Anlagen voraussetzen. Historisch macht sich dies in sehr fühlbarer Weise darin geltend, daß bis auf die neueste Zeit die Morphologie und Systematik sich fast ganz unabhängig von den beiden anderen Wissenschaften entwickelt haben; die Phytotomie ist zwar immer in einer gewissen Verbindung mit der Physiologie geblieben, wo es sich aber um die Bearbeitung der eigentlichen Grundlagen beider, der Fundamentalfragen, handelte, da sind auch sie fast ganz unabhängig von einander vorgegangen. Erst in neuester Zeit hat eine tiefere Auffassung der Probleme des Pflanzenlebens zu einer engeren Verknüpfung der drei Wissenschaften geführt. Dieser historischen Thatsache glaubte ich durch eine gesonderte Behandlung Rechnung tragen zu sollen. Wenn dabei das vorliegende Werk sich in angemessenen Grenzen

halten sollte, so konnte jeder der drei geschichtlichen Darstellungen höchstens ein Raum von zwölf bis vierzehn Bogen gewidmet werden. Es leuchtet aber ein, daß in so engen Rahmen nur das Wichtigste und Bedeutendste aufzunehmen war, was ich übrigens nicht gerade für einen Uebelstand, sondern im Interesse des Lesers eher für einen Vortheil halte; denn der Aufgabe der gesammten „Geschichte der Wissenschaften" entsprechend, sollte auch diese Geschichte der Botanik nicht ausschließlich für Fachmänner, sondern für einen weiteren Leserkreis geschrieben sein und einem solchen dürfte vielleicht schon das hier vorgeführte Detail ab und zu ermüdend scheinen.

Die Form der Darstellung hätte freier ausfallen, die Reflexionen über den inneren Zusammenhang des Ganzen mehr Raum beanspruchen können, wenn mir bessere historische Vorarbeiten vorgelegen hätten; wie aber die Sachen stehen, mußte ich vor Allem darauf Bedacht nehmen, den geschichtlichen Thatbestand als solchen festzustellen, wahres Verdienst von unverdientem Ruhm zu sondern, die ersten Anfänge fruchtbarer Gedanken und ihre Fortbildung aufzusuchen und verbreiteten Irrthümern in mehr als Einem Fall mit ausführlichen Nachweisungen entgegen zu treten, was auf so beschränktem Raum nicht immer ohne eine gewisse Trockenheit der Darstellung zu erreichen war; nicht selten mußte ich mich sogar mit flüchtigen Andeutungen begnügen, wo ausführliche Auseinandersetzungen verlangt werden könnten.

Was die Auswahl, des hier Aufgenommenen betrifft, so habe ich auf Entdeckungen von Thatsachen nur dann



ein größeres Gewicht gelegt, wenn diese in die Entwicklung unserer Wissenschaft nachweislich befruchtend eingegriffen haben; als meine Hauptaufgabe betrachtete ich dagegen, die erste Entstehung wissenschaftlicher Gedanken aufzusuchen und ihre weitere Entwicklung zu umfassenden Theorieen zu verfolgen; hierin liegt meiner Ansicht nach die wahre Geschichte einer Wissenschaft. In diesem Sinne ist jedoch die Aufgabe eines Geschichtschreibers der Botanik eine sehr schwierige, da es vielfach nur mit vieler Mühe gelingt den rothen Faden des wissenschaftlichen Gedankens aus einem unglaublichen Wust empirischen Materials herauszufinden. Es war von jeher das hauptsächliche Hinderniß eines rascheren Fortschritts der Botanik, daß die Mehrzahl der Schriftsteller Thatsachen einfach zusammentrugen, ohne ihre theoretische Verwerthung genügend durchzuführen oder auch nur zu versuchen. Ich habe daher als die eigentlichen Träger unserer Geschichte diejenigen Männer in den Vordergrund gestellt, welche nicht bloß neue Thatsachen feststellten, sondern fruchtbare Gedanken schufen und das empirische Material theoretisch verarbeiteten. Von diesem Gesichtspunkt ausgehend habe ich übrigens nur gelegentlich hingeworfene Gedanken für nicht mehr genommen als sie ursprünglich waren; denn das wissenschaftliche Verdienst gebührt nur demjenigen, der die prinzipielle Bedeutung eines Gedankens klar erkennt und für den Fortschritt der Wissenschaft auszubeuten sucht. Aus diesem Grunde lege ich z. B. auch nur geringen Werth auf gewisse Aeußerungen früherer Schriftsteller, welche man gegenwärtig als die ersten Begründer der Descendenztheorie hinzustellen beliebt;

denn unzweifelhafte Thatsache ist es, daß vor Darwin's Werk von 1859 die Descendenztheorie keine wissenschaftliche Bedeutung besaß, daß sie vielmehr erst durch Darwin eine solche gewonnen hat. Hier wie in anderen Fällen scheint es mir Sache der Wahrheit und Gerechtigkeit, nicht früheren Schriftstellern Verdienste anzudichten, auf welche sie selbst, wenn sie noch lebten, wahrscheinlich keinen Anspruch erheben würden.

Würzburg, 22. Juli 1875.

Dr. J. Sachs.

Inhalt.

Erstes Buch.

Geschichte der Morphologie und Systematik.
1530—1860.

Zweites Buch.

Geschichte der Pflanzen-Anatomie.
1671—1860.

Drittes Buch.

Geschichte der Pflanzenphysiologie.
1583—1860.

Erstes Buch.

Geschichte der Morphologie und Systematik.

(1530—1860.)

Einleitung.

Die Verfasser der ältesten Kräuterbücher des 16. Jahrhunderts Brunfels, Fuchs, Bock, Mattioli u. A. sahen in den Pflanzen zunächst nur die Träger medicinischer Kräfte; die Pflanzen waren ihnen die Ingredienzien complicirter Medicamente und wurden daher mit Vorliebe als Simplicia (einfache Bestandtheile von Medicamenten) bezeichnet. Ihnen kam es zunächst darauf an, die im Alterthum von den Medicinern benutzten Pflanzen, deren Kenntniß im Mittelalter verloren gegangen war, wieder zu erkennen; zwar waren die verdorbenenen Texte des Teophrast, Dioscorides, Plinius, Galen von den italienischen Commentatoren des 15. und der ersten Decenien des 16. Jahrhunderts vielfach verbessert und kritisch beleuchtet worden; ein Uebelstand aber, der sich nicht hinwegkritisiren ließ, lag in den höchst ungenügenden oft ganz fehlenden Beschreibungen der alten Autoren selbst. Dabei war man anfangs in dem Gedanken befangen, die von den griechischen Aerzten beschriebenen Pflanzen müßten auch in Deutschland, überhaupt im übrigen Europa wild wachsen; jeder sah eine andere einheimische Pflanze für die fragliche des Dioscorides, des Teophrast u. s. w. an, wodurch schon im 16. Jahrhundert eine kaum zu bewältigende Verwirrung der Nomenklatur entstand. Den Bemühungen der philologischen Commentatoren gegenüber, welche Pflanzen aus eigener Anschauung kaum kannten, war es ein großer Fortschritt, daß die ersten deutschen Verfasser von Kräuterbüchern sich direkt an die Natur

wandten, die in ihrer Umgebung wild wachsenden Pflanzen beschrieben und sorgfältig in Holzschnitt abbilden ließen. Dadurch wurde der erste Anfang zu wirklich naturwissenschaftlicher Untersuchung der Pflanzen gemacht. Zwar eigentlich wissenschaftliche Ziele verfolgte man damit noch nicht; man stellte keine Fragen über die Natur der Pflanzen, über ihre Organisation und gegenseitigen Beziehungen unter einander; was vielmehr zunächst allein interessirte, war die Kenntniß der einzelnen Pflanzenformen und ihrer Heilkräfte.

Die Beschreibungen waren anfangs höchst naiv und unmethodisch; indem man sich aber bemühte, sie so gut es eben ging, genau und kenntlich zu machen, stellten sich nach und nach ganz von selbst und ungesucht Wahrnehmungen ein, welche von dem ursprünglich verfolgten Ziel weit ablagen. Man bemerkte nicht nur, daß viele von den Pflanzen, welche Dioscorides in seiner Materia medica beschrieben hatte, in Deutschland, Frankreich, Spanien, England überhaupt nicht wild wachsen und daß umgekehrt in diesen Ländern sehr zahlreiche Pflanzen vorkommen, welche den antiken Schriftstellern offenbar unbekannt waren; sondern es stellte sich auch heraus, daß viele Pflanzen unter einander Aehnlichkeiten darbieten, welche mit ihrer medicinischen Wirkung, mit ihrer Bedeutung für den Landmann und für die Technik durchaus nichts zu thun haben. Indem man die praktische Verwerthung der Pflanzenkenntniß durch sorgfältige Einzelbeschreibung zu fördern suchte, drängte sich so die Wahrnehmung auf, daß es verschiedene natürliche Gruppen von Pflanzen gebe, welche durch die Aehnlichkeit ihrer Gestalt und sonstigen Eigenschaften untereinander übereinstimmen. Es zeigte sich, daß außer den von Aristoteles und Theophrast angenommenen drei großen Pflanzengattungen, den Bäumen, Sträuchern und Kräutern noch andere natürliche Vergesellschaftungen sich vorfinden: schon bei Bock bemerkt man die ersten Wahrnehmungen natürlicher Gruppen und die spätern Kräuterbücher lassen deutlich erkennen, daß man die natürliche Zusammengehörigkeit solcher Pflanzen, wie sie in den Gruppen der Pilze, Moose, Farne,

Coniferen, Umbelliferen, Compositen, Labiaten, Papilionaceen u. a. vorkommen, wohl fühlte, wenn man auch keineswegs sich darüber klar wurde, worin eigentlich diese natürliche Zusammengehörigkeit sich ausspreche; die Thatsache der natürlichen Verwandtschaft drängte sich von selbst und ungesucht den Beobachtern auf; anfangs als ganz unbestimmte gelegentliche Wahrnehmung, der man zunächst keinen großen Werth beilegte. Es bedarf keiner vorausgehenden philosophischen Betrachtung, keiner absichtlichen Classifikation des Pflanzenreichs, um diese Gruppen als solche wahrzunehmen; sie bieten sich dem unbefangenen Auge ganz ebenso von selbst dar, wie die Gruppen der Säugethiere, Vögel, Reptilien, Fische, Würmer im Thierreich. Die objektiv vorhandene Aehnlichkeit der in solche Gruppen zusammengehörigen Organismen macht sich subjektiv ganz unwillkürlich durch Ideenassociation geltend und erst wenn dieser ganz unwillkürliche psychische Akt sich vollzogen hat, der an und für sich keine Anstrengung des Verstandes verlangt, tritt dann das Bedürfniß hervor, die Erscheinung klarer aufzufassen; damit aber beginnt die absichtliche systematische Forschung. Die Reihenfolge der botanischen Bücher der Deutschen und Niederländer von 1530—1623, von Brunfels bis Caspar Bauhin zeigt ganz deutlich, wie sich mehr und mehr diese Erkenntniß der verwandtschaftlichen Gruppirung im Pflanzenreich vollzog. Sie zeigt aber auch, wie diese Männer dabei ausschließlich einem instinktiven Gefühl folgten, ohne nach der Ursache der wahrgenommenen Verwandtschaftsverhältnisse zu fragen.

Nichts desto weniger war damit ein großer Schritt vorwärts gethan; all der fremdartige Ballast von medicinischem Aberglauben und praktischen Rücksichten bei der Pflanzenbeschreibung war als Nebensache erkannt und bei Caspar Bauhin sogar ganz abgeworfen; dafür war das belebende Prinzip aller botanischen Forschung: die Thatsache der natürlichen Verwandtschaft in den Vordergrund getreten und damit zugleich der Trieb zu genauerer Unterscheidung des Verschiedenen und zu sorgfältiger Zusammenstellung des Gleichartigen hervorgerufen. Die

natürliche Verwandtschaft der Pflanzen ist also nicht von irgend einem Botaniker entdeckt worden, sie hat sich vielmehr aus der Einzelbeschreibung gewissermaßen als Nebenprodukt von selbst ergeben.

Aber noch bevor bei Lobelius und später bei Caspar Bauhin die Darstellung der natürlichen Verwandtschaft die ersten classificatorischen Versuche hervorrief, hatte in Italien Caesalpin 1583 bereits auf ganz anderem Wege eine systematische Behandlung des Pflanzenreiches versucht. Bei ihm war es nicht wie bei den Deutschen und niederländischen Botanikern die unwillkürlich durch Ideenassociation sich aufdrängende Thatsache der natürlichen Verwandtschaft, sondern philosophische Erwägung, welche ihn dazu veranlaßte, das ganze Pflanzenreich in bestimmte Gruppen einzutheilen. Ausgestattet mit der philosophischen Bildung, welche im 16. Jahrhundert in Italien blühte, ganz eingelebt in die Ansichten des Aristoteles, geübt in allen Feinheiten der Dialektikt, war Caesalpin nicht der Mann, sich ruhig dem Einfluß der Natur auf die unbewußten Kräfte des Gemüths hinzugeben; vielmehr suchte er sofort, was ihm die Literatur und eigene scharfsinnige Beobachtung von Pflanzenformen kennen lehrte mit dem Verstande zu beherrschen. So trat Caesalpin an die wissenschaftliche Aufgabe der Botanik in ganz anderer Weise heran als Lobelius und Caspar Bauhin. Philosophische Erwägungen über das Wesen der Pflanze, über den substantiellen und accidentellen Werth ihrer Theile nach aristotalischer Auffassung waren es, welche ihn veranlaßten, das Pflanzenreich nach bestimmten Merkmalen in Gruppen und Untergruppen einzutheilen.

Diese Verschiedenheit der Ursprungs der systematischen Bestrebungen bei Caesalpin einerseits bei Lobelius und Bauhin andrerseits macht sich in auffallendster Weise geltend; bei den Deutschen waren es die Aehnlichkeiten, welche instinktiv zur Auffassung der natürlichen Gruppen hinführten; bei Caesalpin dagegen die scharfe Unterscheidung nach voraus bestimmten Merkmalen; alle Fehler des Bauhin'schen Systems beruhen auf unrichtig erkannten Aehnlichkeiten, alle Fehler bei Caesalpin auf unrichtiger Unterscheidung.

Die Hauptsache aber war, daß bei Lobelius und Bauhin die systematische Gruppirung ohne irgend welche Angabe von Gründen auftrat, ihre Darstellung war so, daß in dem Leser sich von selbst noch einmal die Ideenassociation vollziehen mußte, wie sie sich in den Autoren selbst vollzogen hatte. Lobelius und Bauhin verhielten sich wie Künstler, die nicht durch Worte und Auseinandersetzungen, sondern durch bildliche Darstellung das, was sie empfinden, Andern zur Anschauung bringen; Caesalpin dagegen wendet sich sofort an den Verstand des Lesers, er zeigt ihm, daß aus philosophischen Gründen eine Classifikation stattfinden müsse und nennt die Eintheilungsgründe selbst; philosophische Erwägungen waren es ebenfalls, welche Caesalpin veranlaßten, die Eigenschaften des Samens und der Frucht seiner Eintheilung zu Grunde zu legen; wogegen die deutschen Botaniker, welche die Fructificationsorgane kaum beachteten, sich von dem Gesammteindruck der Pflanze dem sogenannten Habitus leiten ließen.

Die Geschichtsschreiber der Botanik haben den hier dargelegten Sachverhalt übersehen oder nicht genug betont; es wurde nicht hinreichend beachtet, daß die Systematik, als sie im 17. Jahrhundert sich weiter auszubilden begann, von vornherein zwei einander wiederstrebende Elemente in sich aufnahm: einerseits die blos dunkel gefühlte Thatsache einer natürlichen Verwandtschaft, welche durch die deutschen und niederländischen Botaniker zu Tage gefördert war; anderseits das Streben, dem Caesalpin den ersten Ausdruck gab, auf dem Wege klarer Erkenntniß zu einer Eintheilung des Pflanzenreichs zu gelangen, welche den Verstand befriedigen sollte. Zunächst waren diese beiden Elemente der systematischen Forschung gegenseitig durchaus incommensurabel, es fehlte ganz und gar an einem Mittel, wie man durch a priori aufgestellte Eintheilungsgründe, welche dem Verstand genügten, auch gleichzeitig dem instinctiven Gefühl für die natürliche Verwandtschaft, welche sich nun einmal nicht wegdisputiren ließ, Rechnung tragen könne. In den das ganze Pflanzenreich umfaßenden Systemen, welche bis 1736 aufgestellt wurden und

inclusive des Caesalpin'schen und des Linné'schen nicht weniger als die Zahl von 15 erreichten, spricht sich überall diese Incommensurabilität zwischen natürlicher Verwandschaft und a priori aufgestellten Eintheilungsgründen aus. Man pflegt die Systeme, unter denen die von Caesalpin, Morison, Ray, Rivinus, Tournefort die bedeutendsten sind, kurzweg als künstliche zu bezeichnen[1]); aber die Absicht dieser Männer war es keineswegs, Eintheilungen des Pflanzenreichs aufzustellen, welche eben blos künstliche wären, welche nur irgend eine Anordnung zum bequemeren Gebrauch darbieten sollten; zwar wurde vielfach von den Botanikern des 17. Jahrhunderts und selbst von Linné noch als Hauptzweck eines Systems die leichte Uebersichtlichkeit hingestellt; aber jeder dieser Botaniker stellte im Grunde nur deßhalb èin neues System auf, weil er glaubte, das Seinige entspräche den natürlichen Verwandtschaften in höherem Grade, als die seiner Vorgänger. Wenn auch bei einigen wie Morison, Ray das Bedürfniß, die natürliche Verwandtschaft durch ein System zur Anschauung zu bringen, bei andern aber mehr der Wunsch überwog, eine leicht übersichtliche Ordnung herzustellen, wie bei Tournefort und Magnol, so geht doch deutlich aus den Vorwürfen, welche jeder Folgende gegen seine Vorgänger erhob, hervor, daß ihnen allen die Darstellung der natürlichen Verwandtschaft als Hauptaufgabe des Systems mehr oder minder klar vorschwebte; nur freilich wandte Jeder dasselbe unrichtige Mittel an, indem man glaubte durch einige leicht wahrnehmbare Merkmale, deren systematischer Werth a priori bestimmt wurde, die natürlichen Verwandtschaften zur Anschauung bringen zu können. Dieser Widerspruch zwischen Mittel und Zweck zieht sich durch die ganze Systematik, von Caesalpin 1583 bis auf Linné 1736.

Aber bei Linné selbst trat insofern eine neue Wendung ein, als er zuerst deutlich erkannte, daß dieser Zwiespalt wirklich

---

1) Linné's Sexualsystem war ein absichtlich künstliches, wie sich weiterhin zeigen wird.

besteht. Linné war es, der zuerst unumwunden aussprach, daß es ein natürliches System der Pflanzen gebe, welches nicht nach dem bisherigen Verfahren durch a priori aufgestellte Merkmale charakterisirt werden könne, daß vielmehr die Regeln, nach denen das wahre und einzig natürliche System aufgestellt werden müsse, noch unbekannt sind, und daß erst weitere Forschung im Stande sein werde, das natürliche System aufzufinden. Er selbst lieferte in seinen Fragmenten 1738 ein Verzeichniß von 65 Gruppen oder Ordnungen, welche er vorläufig für natürliche Verwandtschaftskreise ansah, wagte jedoch nicht, dieselben irgendwie durch Merkmale zu charakterisiren. Diese Gruppen, wenn auch besser gesondert und natürlicher zusammengestellt, als bei Caspar Bauhin, verdankten dennoch wie bei jenem ihre Aufstellung nur einem verfeinerten Gefühl für die relativen Aehnlichkeiten und graduellen Verschiedenheiten der Pflanzen untereinander und ganz dasselbe gilt von der Aufzählung natürlicher Familien, wie sie Bernard de Jussieu 1759 versuchte. Schon Linné (1751) und B. de Jussieu belegten diese kleinen Verwandtschaftsgruppen, wo sie nicht schon von Alters her Namen besaßen, mit neuen Namen, welche nicht von Merkmalen, sondern von den Namen einzelner Gattungen dieser Gruppen abgeleitet waren. In dieser Art der Namengebung tritt aber deutlich der Gedanke hervor, der fortan die Systematik beherrschte, daß den zahlreichen Formen einer natürlichen Gruppe ein gemeinsamer Bildungstypus zu Grunde liege, von welchem, wie die Crystallformen aus einer Grundform, die einzelnen specifisch verschiedenen Gestalten abgeleitet werden können; ein Gedanke, der von Pyrame de Candolle 1719 auch ausgesprochen wurde.

Mit der bloßen Benennung natürlicher Gruppen konnte man sich aber nicht begnügen; das dunkle Gefühl, welches bei Linné und Bernard de Jussieu der natürlichen Gruppirung zu Grunde lag, mußte durch Angabe klar erkannter Merkmale in die Sprache der Wissenschaft umgesetzt werden; das war fortan die Aufgabe der neuen Systematiker von Antoine Laurent de Jussieu und de Candolle bis auf Endlicher

und Lindley. Es ist aber nicht zu verkennen, daß die neuern Systematiker ganz ähnlich wie Caesalpin und die des 17. Jahrhunderts immer wieder in den Fehler verfielen, die natürlichen Verwandtschaftskreise gelegentlich durch künstliche Eintheilung zu zerreißen und Unähnliches zu vereinigen; wenn auch die fortgesetzte Uebung zu einer immer reineren Darstellung der natürlichen Verwandtschaften hinführte.

In dem Grade, wie die natürliche Verwandtschaft mehr in den Vordergrund der systematischen Bestrebungen trat und die Erfahrung der Jahrhunderte lehrte, daß a priori aufgestellte Eintheilungsgründe nicht im Stande sind, den natürlichen Verwandtschaften zu genügen; wurde die Thatsache der Verwandtschaft selbst unverständlicher, mystisch und geheimnißvoll. Für das, was man bei der systematischen Forschung immerfort als das eigentlich darzustellende Object fühlte und was man fortan auch mit dem Namen Verwandtschaft bezeichnete, fehlte es an jedem bestimmten, definirbaren Begriff. Linné gab diesem geheimnißvollen Wesen in dem Satze Ausdruck: Nicht der Charakter (die zur Charakteristik benutzten Merkmale) mache die Gattung, sondern die Gattung den Charakter; dazu aber kam, um das Unbegreifliche im natürlichen System zu steigern, gerade bei dem Manne, der das Wesen desselben zuerst deutlich erkannt, bei Linné, die Lehre von der Constanz der Arten. Trat diese bei Linné in anspruchsloser Weise, mehr als das Ergebniß der alltäglichen Erfahrung auf, welches ja durch weitere Forschung hätte abgeändert werden können, so wurde sie dagegen bei den nachlinné'schen Botanikern zu einem Glaubenssatz, einem Dogma, an welchem auch nur zu zweifeln, den wissenschaftlichen Ruf eines Botanikers zu Grunde gerichtet hätte. So stand über 100 Jahre lang der Glaube, daß jede organische Form einem besonderen Schöpfungsact ihr Dasein verdanke, also von allen anderen absolut verschieden sei, neben der Erfahrungsthatsache, daß zwischen diesen Formen ein inneres Band der Verwandtschaft vorhanden ist, welches durch bestimmte Merkmale zu bezeichnen, immer nur theilweise gelingen wollte. Denn daß die Verwandtschaft etwas

mehr und anders ist, als bloße sinnlich wahrnehmbare Aehnlichkeit, wußte jeder Systematiker. Denkenden Männern aber konnte der innere Widerspruch nicht verborgen bleiben, der zwischen der Annahme absoluter Verschiedenheit des Ursprungs der Arten (denn das bedeutet die Constanz derselben) und der Thatsache ihrer inneren Verwandtschaft liegt. Schon Linné hatte in späteren Jahren sehr wunderliche Versuche gemacht, diesen Widerspruch zu lösen; seine Nachfolger schlugen jedoch einen andern Weg ein; seit dem 16. Jahrhundert hatten sich unter den Systematikern, zumal seit Linné die Führung übernommen, mancherlei scholastische Elemente erhalten und ganz besonders war es die mißverstandene Ideenlehre Plato's, durch welche das Dogma der Constanz der Formen eine philosophische Berechtigung zu gewinnen schien, die man sich um so lieber gefallen ließ, als sie zugleich mit den kirchlichen Lehren im besten Einklang stand. Wenn sich, wie Elias Fries 1825 sagte, in dem natürlichen System quoddam supranaturale d. h. eben die Verwandtschaft der Organismen vorfindet, so schien dies um so besser; nach demselben Autor drückt jede Abtheilung des Systems eine Idee aus (singula sphaera (sectio) ideam quandam exponit) und alle diese Ideen ließen sich nun in ihrem idealen Zusammenhange leicht als Schöpfungsplan deuten. Die etwaigen Bedenken, welche sich aus zahlreichen Beobachtungen und theoretischen Erwägungen gegen eine derartige Auffassung erheben konnten, pflegte man nicht weiter zu beachten. Uebrigens kamen derartige Betrachtungen über das Wesen des natürlichen Systems nur selten zum Vorschein; gerade die Verständigsten fühlten sich unbehaglich in diesem unbestimmten Wesen und verwendeten ihre Zeit und Kraft lieber auf die Erforschung der Verwandtschaftsverhältnisse im Einzelnen. Allein übersehen ließ sich nun einmal nicht, daß es sich hier um eine Fundamentalfrage der Wissenschaft handle. Später förderten die neueren zuerst von Nägeli angeregten morphologischen Forschungen die wichtigsten systematischen Resultate zu Tage, Thatsachen, welche die Annahme, daß jede systematische Gruppe eine Idee im platonischen Sinne repräsentire, erschüttern

mußten; so z. B. die merkwürdigen embryologischen Beziehungen, welche Hofmeister 1851 zwischen den Angiospermen, Gymnospermen, Gefäßkryptogamen und Muscineen aufdeckte; auch vertrug es sich schlecht mit dem Schöpfungsplan der Systematiker, daß die physiologisch-biologischen Eigenschaften einerseits, die morphologisch-systematischen Charaktere andrerseits gewöhnlich ganz unabhängig von einander sind. So trat mehr und mehr ein Widerspruch zwischen der eigentlich wissenschaftlichen Forschung und den theoretischen Ansichten der Systematiker hervor und wer sich mit Beidem beschäftigte, konnte sich eines peinlichen Gefühls der Unsicherheit auf diesem Gebiete nicht erwehren. Dieses aber entsprang aus dem Dogma der Constanz der Arten und der darausfolgenden Unmöglichkeit, den Begriff der Verwandtschaft wissenschaftlich zu definiren.

Diesem Zustand machte endlich 1859 Darwin's erstes und bestes Buch über die Entstehung der Arten ein Ende; aus unzähligen zum Theil neuen, meist längst bekannten Thatsachen zeigte er, daß von einer Constanz der Arten überhaupt nicht die Rede sein könne, daß sie nicht ein Ergebniß genauer Beobachtung, sondern ein der Beobachtung widersprechender Glaubensartikel sei. War dies einmal festgestellt, so ergab sich der richtige Begriff für das, was man bisher nur im figürlichen Sinne Verwandtschaft genannt hatte, fast von selbst: Die im natürlichen System ausgedrückten Verwandtschaftsgrade bezeichneten die verschiedenen Grade der Abstammung variirender Nachkommen gemeinsamer Ureltern; aus der figürlich angenommenen Verwandtschaft wurde echte Blutsverwandtschaft, das natürliche System wurde ein Bild des Stammbaumes des Pflanzenreichs. Mit diesen Sätzen war das alte Problem gelöst.

Darwin's Theorie hat vor Allem das historische Verdienst, Klarheit an die Stelle der Unklarheit, ein naturwissenschaftliches Prinzip an die Stelle scholastischer Denkweise auf dem Gebiet der Systematik und Morphologie gesetzt zu haben. Dies that Darwin jedoch nicht im Gegensatz zur geschichtlichen Entwicklung unserer Wissenschaft oder unabhängig von ihr; vielmehr besteht

seine große Leistung darin, die in der Systematik und Morphologie längst gestellten Probleme im Sinne moderner Naturforschung als solche richtig erkannt und gelöst zu haben. Daß die Constanz der Arten mit dem Begriff der Verwandtschaft unvereinbar, daß die morphologische (genetische) Natur der Organe mit ihrer physiologischen functionellen Bedeutung nicht parallel geht, diese Thatsache hat die Geschichte der Botanik und Zoologie vor Darwin zu Tage gefördert; er aber zeigte zuerst, daß die Variation und die natürliche Auswahl im Kampf um das Dasein diese Probleme löst, jene Thatsachen als nothwendige Wirkungen bekannter Ursachen begreifen läßt. Zugleich ergab sich hiermit, warum die von Lobelius und Caspar Bauhin zuerst erkannte natürliche Verwandtschaft sich nicht durch a priori aufgestellte Eintheilungsgründe, wie es Caesalpin versucht hatte, darstellen läßt.

Erstes Capitel.

Die deutschen und niederländischen Botaniker von Brunfels bis auf Caspar Bauhin[1]).
1530—1623.

Wer an die neuere botanische Literatur gewöhnt zum ersten Male die Werke von Brunfels (1530), Leonhard Fuchs (1542), Hieronymus Bock, sowie die späteren von Rembertus Dodonäus, Carolus Clusius, Matthias Lobelius (1576) und selbst die des Caspar Bauhin aus dem Anfang des 17. Jahrhunderts zu Hand nimmt, findet sich überrascht nicht nur von der fremdartigen Form, dem wunderlichen uns jetzt nicht mehr geläufigen Beiwerk, aus welchem das Brauchbare mit Mühe hervorgesucht werden muß, sondern noch mehr von der außerordentlichen Gedankenarmuth dieser meist sehr dickleibigen Folianten. Nimmt man jedoch statt von der Gegenwart rückwärts den entgegengesetzten Weg: hat man sich vorher mit den botanischen Ansichten des Aristoteles und dem

---

[1]) Darstellungen der Art und Weise, wie sich die ersten Anfänge der modernen Botanik an die allgemeinen kulturhistorischen Vorgänge des 15. und 16. Jahrhunderts anschließen, geben Kurt Sprengel Geschichte der Bot. I. 1817 und Ernst Meyer Geschichte der Bot. Bd. IV. 1857, besonders anziehend ist auch die Geschichte des Valerius Cordus von Thilo Irmisch im Prüfungsprogramm des Schwarzburgischen Gymnasiums zu Sondershausen 1862.

Es ist überflüssig hier nochmals den kulturhistorischen Hintergrund, auf welchem unsere Geschichte beginnt, zu beleuchten. Wie in dem ganzen vorliegenden Buch, betrachtete ich es auch hier als meine einzige Aufgabe, die Entwicklung botanischer Gedanken aufzusuchen und darzustellen.

umfangreichen botanischen Werke seines Schülers Theophrastos von Eresos, mit der Naturgeschichte des Plinius und der Heilmittellehre des Dioscorides beschäftigt, hat man die immer ärmlicher werdende botanische Literatur des Mittelalters zumal auch die ebenso weitschweifigen als gedankenarmen botanischen Schriften des Albertus Magnus kennen gelernt und ist man endlich bis zu dem vor und nach 1500 vielgelesenen Naturgeschichtswerk: Hortus sanitatis (Garten der Gesundheit) und ähnlichen vorgedrungen; dann allerdings ist der Eindruck, den selbst die ersten Kräuterbücher von Brunfels, Bock und Fuchs machen, ein ganz anderer, fast imponirender. Im Vergleich mit den zuletzt genannten Produkten mittelalterlichen Aberglaubens erscheinen uns diese Bücher fast modern und nicht zu verkennen ist, daß mit ihnen eine neue Epoche der Naturwissenschaft beginnt, daß wir in ihnen vor Allem die ersten Anfänge der jetzigen Botanik finden. Zwar sind es bloße Einzelbeschreibungen von meist gemeinen, in Deutschland wild wachsenden oder cultivirten Pflanzen, bei Fuchs alphabetisch geordnet, bei Bock nach Kräutern, Sträuchern und Bäumen gruppirt, übrigens aber in buntester Reihe auf einander folgend; zwar sind diese Beschreibungen naiv und kunstlos und unseren gegenwärtigen kunstgerechten Diagnosen kaum vergleichbar; aber die Hauptsache ist, sie sind nach den den Verfassern vorliegenden Pflanzen selbst entworfen; sie haben diese Pflanzen selbst vielfach gesehen und genau betrachtet; um die Beschreibung zu ergänzen, das, was man mit einem Pflanzennamen meinte, genau zu veranschaulichen, sind Bilder in Holzschnitt beigefügt und diese Bilder, welche immer die ganze Pflanze darstellen, sind von geübter Künstlerhand unmittelbar nach der Natur entworfen, so naturgetreu, daß ein botanisch geübtes Auge bei jedem sofort erkennt, was es darstellt. In diesen Bildern und Beschreibungen (welch' letztere bei Brunfels[1]) 1530 noch fehlen) würde, auch wenn sie

[1]) Otto Brunfels geb. bei Mainz vor 1500, anfangs Theolog und Mönch, dann, in Straßburg zum Protestantismus übergetreten, als Lehrer thätig, zuletzt Arzt, starb 1534.

weniger gut wären, ein großes Verdienst dieser Männer um die Geschichte unserer Wissenschaft liegen; denn soweit war die botanische Literatur vor ihnen heruntergekommen, daß nicht nur die Bilder, wie in dem erwähnten Hortus sanitatis fabelhafte Zuthaten enthielten, zum Theil ganz nach der Phantasie entworfen waren, sondern auch die mageren Beschreibungen selbst ganz gemeiner Pflanzen waren nicht nach der Natur gemacht, vielmehr von früheren Autoritäten entlehnt und mit abergläubischem Fabelwesen durchwebt. Mit der Unterdrückung und Verkümmerung des selbstständigen Urtheils im Mittelalter war endlich sogar die Thätigkeit der Sinne (die ja zum großen Theil auf unbewußten Verstandesoperationen beruht) krankhaft geworden; selbst diejenigen, welche sich mit Naturgegenständen beschäftigten, sahen dieselben in fratzenhafter Verzerrung: jeder sinnliche Eindruck wurde durch die Thätigkeit einer abergläubischen Phantasie verunreinigt und entstellt. Dieser Verkommenheit gegenüber erscheinen die kindlichen Beschreibungen Bock's sachgemäß, naturgetreu und durch ihre frische Unmittelbarkeit wohlthuend; während bei dem gelehrteren Fuchs mit wirklicher Naturforschung sich schon literarische Kritik verbindet. Es war sehr viel damit gewonnen, daß man wieder anfing, die Pflanze mit offenem Auge anzuschauen, sich ihrer Mannigfaltigkeit und Schönheit zu erfreuen. Einstweilen kam nichts darauf an, über das Wesen der Pflanzenformen, über die Ursache des Pflanzenlebens zu philosophiren; dazu war es Zeit, wenn man in der Wahrnehmung ihrer Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten die nöthige Uebung gewonnen hatte.

Nur in sehr beschränktem Sinne knüpften die sogenannten deutschen Väter der Botanik an die botanische Literatur des klassischen Alterthums an; indem sie, wie erwähnt, in den Pflanzen ihrer Heimath die von Theophrast, Dioscorides, Plinius, Galen genannten Pflanzen wieder zu erkennen suchten. Das führte allerdings zunächst zu sehr zahlreichen Irrthümern; denn die Beschreibungen der Alten waren höchst kümmerlich und zur Wiedererkennung ihrer Pflanzen oft ganz

unbrauchbar. In dieser Richtung also hatten die Verfasser der Kräuterbücher an den antiken Schriftstellern durchaus keine nachahmungswerthen Vorbilder. Indem man aber die Medicinal-Pflanzen der griechischen Aerzte wiederzuerkennen suchte [1]), war man genöthigt, die verschiedensten Pflanzen Deutschlands zu vergleichen und so die sinnliche Auffassung der Formverschiedenheiten zu üben und zu verfeinern; dieses dem medicinischen Bedürfnisse entsprungene Verfahren leitete die Aufmerksamkeit ganz auf das Einzelne, worauf es auch im rein wissenschaftlichen Interesse zunächst ankam; es war damit weit mehr gewonnen, als wenn sich diese Männer an die philosophischen Schriften des Aristoteles [2]) und Theophrastos [3]) gehalten hätten; denn diese hatten ihre philosophisch botanischen Ansichten auf sehr schwachen Grund gebaut; ihnen war kaum eine Pflanze in allen ihren Theilen genau bekannt; sehr Vieles wußten sie nur vom Hörensagen, nicht selten waren Kräuterhändler die Quellen ihres Wissens gewesen. Aus diesem kümmerlichen Beobachtungsmaterial, aus allerlei überkommenem Volksglauben hatte Aristoteles seine Ansichten über das Wesen der Pflanzen aufgebaut und wenn

---

[1]) Neben den im Text genannten Kräuterbüchern, die wir als botanisch wissenschaftliche bezeichnen dürfen, bildete sich im Interesse der Medicin oder doch des medicinischen Aberglaubens eine ziemlich reichhaltige Literatur über die sogen. signatura plantarum im 16. und 17. Jahrhundert aus. Man glaubte nemlich aus gewissen äußeren Merkmalen, aus Aehnlichkeiten gewisser Pflanzentheile mit menschlichen Organen u. dgl. errathen zu können, welche Pflanzen und welche Theile derselben als Heilmittel zu verwenden seien. Pritzel macht 24 Schriften namhaft, welche von 1550—1697 darüber erschienen sind. Nebenbei nahmen auch die Kräuterbücher von der signatura Notiz und noch bei Ray findet sich dieselbe kritisch behandelt.

[2]) Die auf uns gekommenen Fragmente aristotelischer Botanik findet man nach Wimmer's Ausgabe übersetzt in E. Meyer's Gesch. d. Bot. I. p. 94. ff.

[3]) Ueber Theophrastos Eresios geb. auf Lesbos 371, gest. 286 v. Chr. berichtet ausführlich E. Meyer Gesch. d. Bot. Schon 1483 erschien eine von Theodor Gaza besorgte Ausgabe seiner Bücher de historia et de causis pl. (Vergl. Pritzel thesaurus lit. bot.)

Theophrastos auch an Erfahrung reicher war, so sah er die Thatsachen doch im Lichte der philosophischen Lehren seines Lehrers. Wenn es auch uns gegenwärtig gelingt, aus den Schriften des Aristoteles und Theophrastos manches Richtige herauszulesen, so war es doch gut, daß die ersten Verfasser der Kräuterbücher sich darum nicht weiter kümmerten, sondern Hunderte und Tausende möglichst genauer Einzelbeschreibungen von Pflanzen anhäuften. Die Geschichte zeigt, daß auf diesem Wege im Laufe weniger Jahrzehnte eine neue Wissenschaft entstanden ist, während die philosophische Botanik des Aristoteles und Theophrastos zu keinem nennenswerthen Ergebniß geführt hat. Wir werden zudem im folgenden Abschnitte sehen, wie selbst in den Händen eines philosophisch begabten und geschulten Mannes wie Caesalpin es war, die aristotelische Weisheit in der Naturgeschichte der Pflanzen nur Unheil anrichtete.

Wenn die Verfasser der Kräuterbücher auch nicht darauf ausgingen, allgemeine Sätze aus ihren Beobachtungen abzuleiten, so ergaben sich doch nach und nach aus den sich häufenden Einzelbeschreibungen ganz von selbst Wahrnehmungen von abstracter und umfassenderer Art; vor Allem bildete sich das Gefühl für die Aehnlichkeit und Unähnlichkeit der Formen und endlich die Wahrnehmung der natürlichen Verwandtschaften aus; und wenn diese auch noch keineswegs wissenschaftlich logisch bearbeitet wurde, so war sie doch auch in der unbestimmten Form, wie sie sich bei Lobelius 1576 und klarer bei Caspar Bauhin 1623 geltend machte ein Ergebniß von höchstem Werthe; ein Resultat, von welchem das gelehrte Alterthum ebensowenig wie das Mittelalter auch nur die geringste Ahnung besaß. Die Wahrnehmung der natürlichen Verwandtschaftsverhältnisse konnte eben nur aus tausendfältig wiederholter genauer Einzelbeschreibung, nicht aber aus den Abstractionen der aristotelischen Schule, welche wesentlich auf oberflächlicher Beobachtung beruhten, gewonnen werden. Der wissenschaftliche Werth der Kräuterbücher des 16. Jahrhunderts lag also zumeist in der Einzelbeschreibung solcher Pflanzen, welche

jeder Botaniker auf einem ziemlich beschränkten Gebiet seiner Heimath vorfand und der Beachtung werth hielt; zugleich aber waren die späteren bemüht, jedem Kräuterbuch einen universellen Charakter zu geben, auch die von dem Verfasser nicht selbst gesehenen Pflanzen mit aufzunehmen; jeder folgende entlehnte von seinen Vorgängern wo möglich Alles, was diese gesehen hatten und fügte das selbst Gesehene, Neue hinzu; im Gegensatz zu den vorhergehenden Jahrhunderten aber hielt man jetzt nicht mehr das aus den Vorgängern Entlehnte, sondern das nach eigener Beobachtung Hinzugebrachte für das eigentlich Verdienstvolle jedes neuen Kräuterbuches. So war jeder bestrebt, möglichst zahlreiche, bisher nicht bekannte oder beachtete Pflanzen seinem Werke einzuverleiben, und sehr rasch stieg die Zahl der Einzelbeschreibungen: bei Fuchs (1542) finden wir ungefähr 500 Arten beschrieben und abgebildet und schon 1623 ist die Zahl der von Caspar Bauhin aufgezählten Arten auf 6000 gestiegen. Da die Botaniker über einen großen Theil Deutschlands verbreitet waren: Fuchs in Bayern, dann in Tübingen, Bock am Mittelrhein, Konrad Gesner in Zürich, Dodonaeus und Lobelius in den Niederlanden, so wurde schon auf diese Weise ein Gebiet von beträchtlichem Umfange durchforscht; erweitert wurde es durch das, was Reisende den Botanikern mitbrachten oder zuschickten, und vor Allem war es Clusius, welcher nicht nur einen großen Theil Deutschlands und Ungarns, sondern auch Spanien bereiste und die Pflanzen dieser Länder eifrig sammelte und beschrieb. Gleichzeitig wurde auch von Italien her, zum Theil durch die Bemühungen der italienischen Botaniker, wie Mattioli, aber auch durch reisende Deutsche die Zahl der bekannten Pflanzen vermehrt; zu erwähnen ist hier noch die erste Flora des Thüringer-Waldes, welche Thalius sammelte, die aber erst nach dessen Tode 1588 herauskam. Selbst botanische Gärten, die man freilich in bescheideneren Formen als unsere jetzigen zu denken hat, halfen schon im 16. Jahrhunderte die Pflanzenkenntniß mehren: die ersten derselben waren in Italien entstanden, so zu Padua 1545, in Pisa 1547, in Bologna 1567

(unter Aldrovandi, dann unter Caesalpin); bald darauf traten auch im Norden derartige lebende Pflanzensammlungen auf: schon 1577 entstand ein botanischer Garten in Leyden, dem Clusius eine Zeit lang vorstand, dann 1593 in Heidelberg und in Montpellier, aber erst im Laufe des folgenden Jahrhunderts vermehrte sich die Zahl der botanischen Gärten beträchtlich.

Auch die Aufbewahrung getrockneter Pflanzen, die Herstellung von Sammlungen, welche wir jetzt als Herbarien bezeichnen (damals jedoch verstand man unter einem Herbarium ein Pflanzenbuch), stammt schon aus dem 16. Jahrhundert und auch hierin waren die Italiener vorausgegangen. Nach Ernst Meyer scheint Luca Ghini der Erste gewesen zu sein, der getrocknete Pflanzen zu wissenschaftlichen Zwecken benutzte und seine beiden Schüler Aldrovandi und Caesalpin die ersten Herbarien nach unserer Art angelegt zu haben; zu den ersten derartigen Sammlungen (vielleicht von 1559) gehört aber das Herbarium, welches Ratzenberger anlegte, und welches vor einigen Jahren im Casseler Museum von Keßler aufgefunden und beschrieben wurde.

Diese uns übrigens ferner liegenden Aeußerlichkeiten zeigen, wie lebhaft in der letzten Hälfte des 16. Jahrhunderts das Interesse an der Botanik war; noch mehr beweist es die große Zahl von Pflanzenbüchern, welche mit theueren und zahlreichen Abbildungen versehen herausgegeben wurden, von denen manche sogar zahlreiche Auflagen erlebten. Mit der immer steigenden Zahl der Abbildungen, welche man den Beschreibungen beifügte und welche in den späteren Kräuterbüchern in die Tausende gingen, hielt jedoch ihr künstlerischer und wissenschaftlicher Werth nicht gleichen Schritt; die prächtigen Bilder bei Fuchs blieben unerreicht und nach und nach, je weiter man sich von dem Zeitalter Dürer's entfernte, wurden die Holzschnitte kleiner und schlechter [1]), zuweilen sogar unkenntlich. Dagegen nahm die Kunst der

[1]) Ausführlicheres darüber bei L. C. Treviranus: die Anwendung des Holzschnitts zur bildlichen Darstellung der Pflanzen, Leipzig 1855 und Choulant graphische Incunabln, Leipzig 1858.

Beschreibung stetig zu; die Beschreibungen wurden ausführlicher und nach und nach stellte sich eine gewisse Methode in der Anführung der Merkmale und in der Würdigung ihres Werthes heraus; auch mehrten sich die kritischen Bemerkungen über die Identität oder Nichtidentität der Arten, die Trennung vorher als gleichartig betrachteter Formen und dergleichen mehr. Bei Clusius sind die Beschreibungen in der That schon als wissenschaftlich durchdachte zu bezeichnen und bei Caspar Bauhin treten sie bereits in Form knapper methodisch aufgestellter Diagnosen auf.

Das Merkwürdigste an diesen Beschreibungen von Fuchs und Bock bis auf Caspar Bauhin ist für uns aber die auffallende Vernachlässigung der Blüthen und Früchte. Die ersten Beschreibungen, zumal bei Bock, versuchen die Pflanzenformen gewissermaßen mit Worten zu malen, den sinnlichen Eindruck der Gestalten unmittelbar wiederzugeben; es wurden ganz besonders die Formen der Blätter, der Habitus der Verzweigung, die Art der Bewurzelung, Größe und Farbe der Blüthen beachtet. Konrad Gesner [1]) war der Einzige, der die Blüthen und Fruchttheile einer näheren Betrachtung würdigte und dieselben mehrfach abbildete, auch ihren hervorragenden Werth für die Bestimmung der Verwandtschaft erkannte, wie aus seinen brieflichen Aeußerungen bekannt ist; der vielbeschäftigte und vielgeplagte Mann starb jedoch, bevor er sein lange vorbereitetes Pflanzenwerk beendigen konnte und als im 18. Jahrhundert Schmiedel die Gesner'schen Abbildungen, die unterdessen durch verschiedene Hände gegangen waren, herausgab, blieb diese verspätete Publication ohne jeden Nutzen für die bereits fortgeschrittene Wissenschaft.

Schon das über die Art der Beschreibung Gesagte zeigt, daß vergleichende morphologische Betrachtungen über die Pflanzentheile jenen Männern fern lagen und daß dem entsprechend auch eine geregelte Kunstsprache ihnen fehlte. Doch machte sich bei

---

[1]) Konrad Gesner 1516 in Zürich geboren, wurde nach wechselvollen Schicksalen 1558 Professor der Naturgeschichte dortselbst, wo er 1565 an der Pest starb. (Ausführliches bei E. Meyer Gesch. d. Bot. IV.)

den Gelehrteren wenigstens das Bedürfniß geltend, die von ihnen bei der Beschreibung gebrauchten Worte mit einem bestimmten Sinne zu verbinden, die Begriffe zu definiren; so schwach auch die ersten Anfänge in dieser Richtung waren, verdienen sie doch Beachtung schon deßhalb, weil sie mehr als alles Andere zeigen, wie groß der Fortschritt der Naturbetrachtung seit dem 16. Jahrhundert bis heut gewesen ist.

Auffallend genug, ist es schon in der Historia stirpium des Leonhard Fuchs 1542, wo wir den ersten Versuch zur Feststellung einer botanischen Nomenclatur gemacht finden. [1]) Vier ganze Seiten am Anfang des Werkes sind diesem Versuche gewidmet. In alphabetischer Reihenfolge, die er auch bei der Beschreibung der Pflanzen einhielt, wird eine beträchtliche Zahl von Worten erklärt. Es ist schwer, an herausgegriffenen Beispielen eine klare Vorstellung von dieser ersten botanischen Nomenclatur zu geben, dennoch muß der Versuch gewagt werden, weil der Leser auf diese Art allein erkennt, aus welch' schwachen Anfängen sich die spätere wissenschaftliche Nomenclatur und Morphologie entwickelt hat. So heißt es z. B.: Acinus bezeichnet nicht bloß, wie manche glauben, die Körner im Innern der Weintraube, sondern die ganze Frucht, welche aus Saft, aus einem fleischartigen Theile und den Kernen (vinaceis) sowie aus der äußeren Haut besteht. Als Autorität für diese Namenerklärung wird Galenus angeführt — Alae seien die Höhlungen (Winkel) zwischen dem Stengel und seinen Zweigen (den Blättern), aus welchen neue Sprosse (proles) hervortreten. Asparragi die Keime der Kräuter, welche zuerst an's Licht hervortreten, bevor sie sich in Blätter auflösen und die jüngsten Sprosse, welche man essen kann — Baccae sind kleinere foetus der

---

[1]) L. Fuchs wurde 1501 zu Membdingen in Bayern geboren, studirte 1519 in Ingolstadt unter Reuchlin die Classiker und wurde 1524 Doctor der Medizin; er trat zum Protestantismus über; nach einem in Folge dessen bewegten Leben wurde er 1535 Professor der Medicin in Tübingen, wo er 1566 starb. (Vergl. Meyer Gesch. der Bot. IV.)

Kräuter, Sträucher und Bäume, welche mehr zerstreut und vereinzelt auftreten, wie z. B. die Lorbeeren (partus lauri), auch weichen sie darin von den acinis ab, daß diese dichter gedrängt zum Vorschein kommen — Internodium ist, was zwischen den Abgliederungen oder Knieen in der Mitte liegt, — Racemus werde für die Weintraube gebraucht, gehöre aber nicht blos dem Weinstock, sondern auch dem Epheu, und andern Kräutern und Sträuchern, die irgend welche Trauben tragen. — Die meisten derartigen Namenerklärungen betreffen die Formen des Stammes und der Zweige; das Merkwürdigste an dem ganzen Verzeichnisse ist aber, daß es die Worte Blüthe und Wurzel überhaupt nicht enthält; doch findet sich bei dem Worte julus die Angabe, es ist das, was bei dem Haselstrauch compactili callo racematim cohaeret und gewissermaßen ein sehr langer Wurm, der von einem eigenthümlichen hängenden Stiel gestützt ist und der Frucht vorausgeht. Obgleich das Wort Blüthe nicht erklärt wird, werden doch einzelne Theile derselben aufgeführt: so heißt es: stamina sunt, qui in medio calycis erumpunt apices, sic dicta quod veluti filamenta intimo floris sinu prosiliant. Schließlich mag noch die Erklärung der Frucht folgen: Fructus, quod carne et semine compactum est. Frequenter tamen pro eo, quod involucro perinde quasi carne et semine coactum est, accipi solet.

Der Fortschritt in dieser Richtung war langsam aber doch kenntlich: in der letzten Ausgabe der Pemptaden des Dodonaeus [1]) vom Jahre 1616 einem Foliobanb von 872 Seiten sind allerdings nur 1 1/3 Seite der Erklärung der Pflanzentheile gewidmet; die Auswahl der erklärten Worte jedoch, sowie der Inhalt der

1) Rembertus Dodonaeus 1517 zu Mecheln geboren; ein vielseitig gebildeter Mediciner; seit 1552 gab er eine Reihe botanischer Werke heraus, z. Th. in flämischer Sprache, welche 1583 unter dem Titel Stirpium historiae pemtades VI. (Antwerpen) ihren Abschluß fanden. 1574—1579 war er Leibarzt des Kaisers Maximilians II. 1582 übernahm er eine Professur in Leyden und starb 1585. (Vergl. E. Meyers Gesch. der Botanik IV. p. 340.)

Erklärungen selbst trifft mehr als bei Fuchs das Wesentliche der Sache. So heißt es z. B. Wurzel (radix ῥίζα) wird sowohl bei dem Baume, wie bei jeder anderen Pflanze der untere Theil genannt, womit sie in die Erde eingelassen ist und ihr anhängt und durch welche sie Nahrung anzieht. Sie ist (im Gegensatz nämlich zu den vorhergenannten meist abfallenden Blättern) allen Pflanzen gemeinschaftlich, mit Ausnahme von sehr wenigen, die ohne Wurzel leben und wachsen, wie die Cassytha, Viscum und was man Hyphear nennt, ferner die Baumschwämme, die Geschlechter der Moose und Tange, welche man dennoch unter die φῦτα zu rechnen pflegt. — Caudex ist bei den Bäumen und Sträuchern, was aus der Wurzel über die Erde emporsteigt und wodurch die Nahrung aufwärts getragen wird; derselbe Theil wird bei den Kräutern caulis oder cauliculus genannt — Blatt (folium) ist bei jeder Pflanze das, was dieselbe bekleidet und schmückt und durch dessen Wegnahme Bäume und andere Pflanzen nackt erscheinen. — Die Definition der Blüthe läßt sich ohne Entstellung nicht wohl deutsch wiedergeben: flos, ἄνθος, arborum et herbarum gaudium dicitur, futurique fructus spes est. Unaquaeque etenim stirps pro natura sua post florem partus ac fructus gignit. — Die Theile der Blüthe sind ihm der Kelch calyx, worin anfangs die Blüthe eingeschlossen ist und wovon bald auch der foetus umgeben wird. Staubfäden (stamina), was gewissermaßen wie Fäden aus dem innersten Grund der Blüthe und dem Kelch hervorkommt; Apices (die Antheren), gewisse dickliche Anhängsel am Gipfel der Staubfäden. — Julus (Kätzchen), was von runder und länglicher Gestalt statt der Blüthe herabhängt, wie bei dem Nußbaum, der Haselnuß, der Maulbeere, der Buche u. a. — Fructus ist das, worin der Same entsteht, aber nicht selten ist es auch selbst der Same, wo dieser nämlich von nichts Anderem umschlossen ist und nackt entsteht. Bei diesen letzten Worten darf man nicht etwa an unsere Gymnospermen denken, vielmehr sind hier, wie bei allen Botanikern, bis auf A. L. de Jussieu und Joseph Gärtner (1788) unter nackten Samen trockene Schließfrüchte zu verstehen.

Lobelius, bei dem man es am ersten erwarten dürfte, hat überhaupt gar keine derartigen Erklärungen gegeben.

Der Mangel an tieferer vergleichender Betrachtung der Pflanzentheile, der sich in den angeführten Beispielen der Nomenclatur ausspricht, kann als ein weiterer Beweis für die Behauptung dienen, daß die natürliche Verwandtschaft nicht aus genauer Vergleichung der Form der Organe geschlossen, sondern nur aus der unmittelbar sinnlichen Aehnlichkeit im Habitus, aus dem Gesammteindruck der ganzen Pflanze herausgefühlt wurde.

Indem ich nun zur Betrachtung der systematischen Bestrebungen der deutschen Botaniker dieses Zeitraumes übergehe, ist zunächst hervorzuheben, daß man allgemein die Eintheilung in die Hauptgruppen: Bäume, Sträucher, Halbsträucher, Kräuter beibehielt, Gruppen, welche aus dem Alterthum herübergenommen waren, und welche auch von den eigentlichen Systematikern von Caesalpin bis zum Beginn des 18. Jahrhunderts beibehalten wurden; es war in diesem Prinzip nichts geändert, wenn man statt jener 4 Gruppen nur 3 oder 2 (Bäume und Kräuter) beibehielt. Dabei galt es als selbstverständlich, daß die Bäume die vollkommensten Gewächse seien. Wenn nun im Folgenden von Verwandtschaftsverhältnissen die Rede ist, so gelten dieselben immer nur innerhalb dieser eben genannten Gruppen. Die Systematik der deutschen und niederländischen Botaniker entsprang nicht nur aus der Einzelbeschreibung der Pflanzen, sondern sie war anfänglich sogar in gewissem Sinne identisch mit derselben. Indem man es unternahm, die einzelnen Pflanzenformen zu beschreiben, hatte man sofort die sehr ähnlichen von einander kritisch zu sondern, denn die Aehnlichkeit systematisch nahe verwandter Pflanzen ist oft so groß, daß ihre spezifische Unterscheidung Nachdenken und sorgfältige Vergleichung erfordert: die Aehnlichkeit tritt schärfer hervor als die Verschiedenheit; zudem gibt es viele Pflanzen, welche, obgleich ihrer inneren Natur nach gänzlich von einander verschieden, doch für die unmittelbar sinnliche Wahrnehmung auffallend ähnlich erscheinen und umgekehrt. Indem es nun also die Beschreibung versucht, die einzelnen For-

men zu umgrenzen und zu fixiren, sieht sie sich sofort in Schwierigkeiten verwickelt, deren Lösung die Aufstellung systematischer Begriffe ganz unmittelbar herbeiführt. Die Vergleichung der Kräuterbücher von Fuchs und Bock bis auf Caspar Bauhin zeigt nun sehr deutlich, wie jene Schwierigkeiten Schritt für Schritt überwunden wurden, wie die Beschreibung der einzelnen Arten nothwendig und ohne daß es die Autoren beabsichtigten, zu Auseinandersetzungen systematischer Natur hinführten. Wo die Species einer Formengruppe, die wir jetzt als Gattung resp. Familie bezeichnen, in hohem Grade einander habituell ähnlich sind, da trat ganz von selbst und instinktiv das Gefühl für die Zusammengehörigkeit solcher Formen hervor; es machte sich sprachlich darin geltend, daß man von vorneherein zahlreiche derartige Formen ohne Bedenken mit demselben Namen bezeichnete, so finden wir, um von vielen Beispielen eines zu erwähnen, bei Bock mit dem Namen Wolfsmilch, Euphorbia, nicht eine Species dieser Gattung, sondern mehrere solche bezeichnet, die der Verfasser nun durch Beinamen (gemeine, kleinste, cypressene, süße) unterscheidet. Sehr lehrreich in dieser Beziehung ist die gewöhnliche Ausdrucksweise der Kräuterbücher: es gebe von dieser oder jener Pflanze zwei oder mehr, die man vorher nur nicht unterschieden hatte. Aber dieses Gefühl der Zusammengehörigkeit und Gleichartigkeit wurde nicht blos durch Formen nächster Verwandtschaft, sondern auch durch solche, welche weitläufigen Gruppen des Systems angehören, hervorgerufen; so umfaßten längst die Worte Moos, Flechte, Pilz, Alge, Farnkraut u. a. eine große Zahl verschiedener Formen, wenn auch freilich die Unterscheidung dieser Gruppen nirgends logisch scharf durchgeführt wurde.

Das eben Gesagte ist insofern von Gewicht, als sich daraus auf das Bestimmteste die Unrichtigkeit der Behauptung ergiebt, das Studium der Organismen gehe aus oder sei zunächst ausgegangen von der Kenntniß der einzelnen Species; diese sei das unmittelbar Gegebene und ohne ihre vorgängige Kenntniß sei kein Fortschritt der Wissenschaft möglich. Historische Thatsache

ist vielmehr, daß die descriptive Botanik ebenso oft vielleicht noch öfter von den Gattungen und Familien, wie von einzelnen Species ausgegangen ist, daß sehr häufig zuerst ganze Gruppen von Formen als einheitliche Objecte aufgefaßt wurden, die man erst später in einzelne Formen absichtlich spalten mußte; und bis auf den heutigen Tag liegt ja ein Theil der systematischen Beschäftigung darin, solche Spaltungen von vorher für identisch gehaltenen Formen vorzunehmen. Es ist eine erst in der nachlinné'schen Zeit unter der Herrschaft des Dogmas von der Constanz der Arten erfundene Fabel, daß die Species das dem Beobachter ursprünglich gegebene Object sei und daß man erst nachträglich gewisse Species in Gattungen vereinigt habe; zuweilen ist dies geschehen, ebenso oft aber war die Gattung das zunächst Gegebene und die Aufgabe der Beschreibungskunst die, sie in eine Anzahl von Species aufzulösen. Im 16. Jahrhundert war aber weder der Gattungs- noch der Species-Begriff definirt, für die damaligen Botaniker hatten Gattungen und Species dieselbe objective Realität. Indem man aber die Einzelbeschreibung immer genauer zu machen suchte, verknüpften sich vorher gesonderte Formen und traten vorher identisch genommene auseinander, bis es nach und nach zum Bewußtsein kam, daß Beides methodisch betrieben werden müsse. Man kann daher eigentlich gar nicht sagen, daß irgend Jemand zuerst die Species, ein Anderer die Gattung und noch ein Anderer die größeren Gruppen aufgestellt habe. Vielmehr vollzog sich dieser Scheidungsproceß bis zu einem gewissen Grade bei den Botanikern des 16. Jahrhunderts unabsichtlich, indem sie ihren Einzelbeschreibungen möglichste Bestimmtheit zu geben suchten. Es lag dabei in der Natur der Sache, daß zuerst diejenigen Formgruppen, die wir jetzt als Species und Gattung bezeichnen, sich klären mußten, und so finden wir denn in der That am Schluß dieser Periode bei Caspar Bauhin schon die Gattungen durch Namen, wenn auch nicht durch Diagnosen, die Species aber durch Namen und Diagnosen unterschieden. — Aber gleichzeitig wurden auch schon zahlreiche umfassendere Gruppen, die wir jetzt als Familien be-

zeichnen, unterschieden und sogar oft mit noch jetzt geltenden Namen belegt; schon im 16. Jahrhundert haben sich die Gruppen und Namen: Coniferen, Umbelliferen, Verticillaten (Labiaten), Capillares (Farne) u. s. w. gebildet. Abgrenzungen dieser Gruppen nach bestimmten Merkmalen wurden freilich noch nicht versucht, aber immer wieder werden die Pflanzen, welche diesen Gruppen angehören, in besonderen Capiteln behandelt oder in der Reihenfolge hintereinander aufgeführt. Indem dies jedoch gewissermaßen unabsichtlich geschah, der wahre Werth dieser verwandtschaftlichen Verhältnisse noch nicht erkannt wurde, traten bei der Darstellung in den Büchern gleichzeitig die verschiedensten anderen Rücksichten mit hervor und störten die natürliche Anordnung. Zuerst bei Lobelius und dann in viel vollendeterer Form bei Caspar Bauhin verdrängt das Gefühl für die natürliche Verwandtschaft alle anderen Rücksichten.

Das bisher Mitgetheilte mag dem Leser das Hauptresultat der botanischen Bestrebungen des hier betrachteten Zeitraumes verständlich machen; eine Anschauung von der Art und Weise, wie man damals Pflanzen beschrieb und in welcher Weise die Systematik zum Ausdrucke gelangte, kann jedoch nur an Beispielen erläutert werden und wenn ich es unternehme, hier eine Reihe von solchen vorzuführen, so geschieht es in derselben Absicht, wie man naturwissenschaftlichen Abhandlungen möglichst naturgetreue Abbildungen beifügt, weil nur auf diese Weise ein wirkliches Verständniß zu erzielen ist. Die botanische Literatur des 16. Jahrhunderts ist so verschieden von der gegenwärtigen, daß man durch Angabe der Resultate in unserer jetzigen Ausdrucksweise doch nur eine ganz unbestimmte Vorstellung von ihr gewinnt.

Fuchs historia stirpium 1542.

Die jetzt unter dem Namen Ackerwinde (Convolvulus arvensis) bekannte gemeine Pflanze heißt dort Helxine cissampelos. Sie wird folgendermaßen beschrieben:

Nomina:

Ἑλξινὴ κισσάμπελος Graecis, Helxine cissampelos et Convolvulus Latinis nominatur. Vulgus herbariorum et officinae, Volubilem mediam &

vitealem appellant, Germani Mittelwinden oder Weingartenwinden. Recte autem Cissampellos dicitur; in uineis enim potissimum, nascitur & folio hederaceo. Convolvulus vero, quod crebra revolutione vicinos fructices & herbas implicet.

Forma:

Folia habet Haederae similia, minora tamen. Ramulos exiguos circumplectentes quodcunque contigerint. Folia denique ejus scansili ordine alterna subeumt. Flores primum candidos Lilii effigie, dein in puniceum vergentes, profert. Semen angulosum in folliculis acinorum specie.

Locus:

In vineis nascitur, unde etiam ei appelatio Cissampeli, ut diximus, indita est.

Tempus:

Aestate, potissimum autem Julio & Augusto mensibus, floret.

Bei Hieronymus Bock[1]) Kräuterbuch Straßburg 1560 p. 299 wird von derselben Pflanze und dem ebenfalls bei uns wildwachsen-Convolvulus Sepium folgendermaßen gehandelt:

„Von weiß Wind Glocken.

Zwei gemeiner Winden kreutter wachsen in unserm land allenthalben mit weißen schellen oder Glocken blumen. Die größt sucht ir Wohnung gern bei der Zeunen, kreucht über sich wickelt und windt sich u. s. w. Das klein Wind oder Glockenkraut (nämlich wieder der convolvulus arvensis) ist dem großen mit der wurtzel runden stengeln blettern und Schellen blumen gleich, in allen Dingen kleiner, dünner und kürzer. Etliche Glocken blumen an diesem gewächs werden gantz weiß, etlich schön leibfarb, mit braunrothen strömlein gemalet. Dise wachsen in dürren wisen, in den kraut un Zwibelgärten, darinn thut es schaden, dann mit seinem kriechen und umbewickeln, druckt es andere garten kreutter zu Boden, ist auch böß zu vertreiben, darum daß die weiße dünne wurtzelen seer

[1]) Hieronymus Bock (Tragus) wurde 1498 zu Heiderbach im Zweibrückischen geboren; anfangs dem Kloster bestimmt, wandte er sich dem Protestantismus zu, wurde in Zweibrücken Schullehrer und Aufseher des fürstlichen Gartens; bald darauf Prediger in Hornbach, wo er zugleich ärztliche Praxis und Botanik trieb und 1554 starb. (Weiteres bei E. Meyer Gesch. der Botanik IV. p. 303.)



dieff underſich ſchliefen, die bekleiben ſeer liederlich, ſtoßen alle zeit neue und junge Dolden wie hopffen."

Darauf folgt ein langer Abſchnitt über die Namen d. h. eine kritiſche Zuſammenſtellung der Meinungeu verſchiedener Schriftſteller darüber, welcher Name des Dioskorides oder Plinius auf die beſchriebene Pflanze anzuwenden ſei. „Mich will bedunken, heißt es weiter, dieſe blum mit ir gantzen art ſei ein wild geſchlecht, scammoniae Dioscoridis (doch onſchädlich), welches Kraut Dioscorides auch colophoniam, dactylion, apopleumenon, sanilum und colophonium nennet, u. ſ. w. dann folgt ein Kapitel von der Kraft und Wirkung innerlich und äußerlich.

Was die Anordnung der von Bock beſchriebenen 567 Pflanzenarten betrifft, ſo behandelt er dieſelben in 3 Theilen des Buches, von denen der erſte und zweite kleinere Kräuter, der dritte aber Sträucher und Bäume umfaßt. Innerhalb eines jeden Theils finden ſich gewöhnlich nahe verwandte Pflanzen in mehr oder minder großer Zahl unmittelbar hintereinander abgehandelt, wobei aber die verſchiedenſten Rückſichten für den Verfaſſer maßgebend ſind, ohne daß irgend ein allgemeines Princip befolgt würde. So ſteht z. B. unſer Convolvulus mitten unter einer Anzahl anderer ſehr verſchiedener Pflanzen, welche entweder klettern wie der Epheu oder mit Ranken winden wie Smilax, dann folgt das Engelkraut (Lysimachia nummularia), welches einfach auf der Erde hinläuft, dann der Hopfen, das Bitterſüß (Solanum dulcamara), dann die Wildrebe (Clematis), der Hundskürbis (Bryonia), das Geisblatt (Lonicera), dann verſchiedene Cucurbitaceen, worauf er ohne Unterbrechung zu den Kletten, Karden, Diſteln übergeht, um einige Umbelliferen folgen zu laſſen. In ähnlicher Art iſt das ganze Werk verfaßt, das Gefühl für Verwandtſchaft innerhalb der engſten Verwandtſchaftskreiſe iſt deutlich vorhanden, ohne jedoch einen entſprechenden Ausdruck zu finden, häufig durch Rückſicht auf biologiſchen Habitus geſtört; das tritt beſonders am Anfang des dritten Theils hervor, der von Stauden, Hecken und Bäumen, „ſo in unſerm Teutſchen landen wachſen", handelt; das erſte Capitel nämlich handelt von

den Schwämmen, welche an Bäumen wachsen, das zweite von einigen Moosen, auf welche unmittelbar die Mistel (Viscum album) folgt. Dann kommt das Heidekraut und andere kleinere Sträucher, bis endlich größere und größte Bäume folgen. Das Capitel von den Schwämmen enthält unter dem Abschnitt „Von den Namen" auch die Meinung, die noch bis in's 17. Jahrhundert hinein oft wiederholt wurde, über die Natur der Pilze:

„Alle schwemme sind weder kreutter noch wurtzeln, weder blumen noch samen, sondern eittel überflüssige feuchtigkeit der Erden, der beume der faulen höltzer und anderer faulen dingen. Von solcher feuchtigkeit wachsen alle Tubera und Fungi. Das kan man daran war nemen, alle obgeschribene schwemme (sonderlich die in den kuchen gebraucht werden) wachsen am meisten, wenn es dondern oder regnen wil, sagt Aquinas Ponta. Darumb die alten sonderlich acht darauff gehabt, uud gemeinet, daß die Tubera (dieweil sie von keinem samen auffkommen) mit dem Himel etwas vereinigung haben. Auff dise weiß redet auch Porphyrius, und spricht: der Götter kinder heissen Fungi und Tubera, darumb das sie on samen unnd nit wie andere leut geboren werden."

Wir übergehen jetzt die Valerius Cordus, Konrad Gesner, Mattioli[1]) mehrere unbedeutende Andere und wenden uns zu Dodonaeus, Clusius und Dalechamp, bei denen schon eine entschiedene Neigung zur geordneten Darstellung hervortritt, jedoch ist das Anordnungsprinzip bei diesen Dreien wesentlich in zufälligen Aeußerlichkeiten, vor Allem in den Beziehungen der Pflanzenwelt zum Menschen enthalten. Die natürlichen Verwandtschaftsverhältnisse werden zwar innerhalb der Abtheilungen, welche auf diese Weise künstlich entstehen, je später

[1]) Den Pierandrea Mattioli (geb. zu Siena 1501, gest. 1577, lange Zeit als Leibarzt am Hofe Ferdinands I.) können wir übergehen, da bei ihm neben den medicinischen Interessen die botanischen wenig in Betracht kommen. Sein Kräuterbuch, ursprünglich ein Commentar zum Dioscorides, nach und nach sehr erweitert, erlebte über 60 Auflagen und Ausgaben in verschiedenen Sprachen. (Vergl. Meyer Gesch. der Bot. VI.)



desto mehr beachtet, ohne Bedenken aber werden verwandte Formen auseinander gerissen, wenn es sich um das künstliche Eintheilungsprinzip handelt. Auch tritt bei diesen Schriftstellern deutlich genug hervor, daß es ihnen weit mehr um eine Form des Vortrags als um eine objectiv giltige Eintheilung zu thun ist. Es ist schlechterdings unmöglich, in unserer wissenschaftlichen Sprache dem Leser eine Vorstellung von diesen Eintheilungen zu geben, ohne diese selbst anzuführen. Um nicht allzu weitläufig zu werden, will ich nur den besten der eben genannten 3 Schriftsteller (Clusius) hervorheben [1]): In der Rariorum plantarum historia, welche bereits 1576 erschienen war, mir aber in der Auflage von 1601 vorliegt, handelt

das 1. Buch von den Bäumen, Sträuchern und Halbsträuchern,
das 2. Buch von den Zwiebelpflanzen,
das 3. Buch von den wohlriechenden Blumen,
das 4. Buch von den nichtriechenden,
das 5. Buch von den giftigen, narcotischen und scharfen Pflanzen,
das 6. Buch von Milchsaftgebenden, den Umbelliferen, Farnen, Gräsern, Leguminosen und einigen Cryptogamen.

Aehnlich ist die Eintheilung aber auch bei Dalechamp [2]), verwickelter und unnatürlicher in den Pemptaden des Dodonaeus; bei beiden aber ist das Princip offenbar ein ähnliches wie bei Clusius. Wie es mit diesen Eintheilungen gemeint ist, zeigen am Besten die einleitenden Ueberschriften, wo es z. B. heißt (Clusius l. c. p. 127): „Nachdem wir die Geschichte der Bäume, Sträucher und Halbsträucher abgehandelt und diese

[1]) Carolus Clusius (de l'Ecluse) 1526 in Arras geb. Da seine Familie in Frankreich religiösen Verfolgungen unterlag, brachte er den größten Theil seines Lebens in Deutschland und den Niederlanden zu; 1573 folgte er einem Rufe Maximilians II. nach Wien; 1593 wurde er Professor in Leyden, wo er 1609 starb. Ueber das vielbewegte Leben dieses bedeutenden Mannes vergl. Meyer Gesch. der Botanik Bd. 4.

[2]) Jacques Dalechamp (1573 zu Caen geb., gest. 1588) war mehr Philolog als beobachtender Naturforscher wie Meyer (Gesch. der Bot. VI. p. 395) sagt.



im vorigen Buch zusammmengestellt haben, wollen wir jetzt in diesem zweiten von solchen Pflanzen handeln, welche aus einer zwiebelartigen oder knolligen Wurzel bestehen, von denen ein großer Theil durch die Eleganz und Mannigfaltigkeit ihrer Blumen aller Augen auf sich zieht und außerordentlich ergötzt, die daher auch nicht den letzten Ort unter den Kranzpflanzen (inter coronarias) erhalten sollen. Wir werden aber mit den Pflanzen von dem Liliengeschlecht anfangen wegen ihrer Größe und Schönheit der Blumen" u. s. w. Gelehrter und mit mehr Umschweifen versehen sind die Einleitungen zu den einzelnen Büchern, in den Pemptaden des Dodonaeus. Es leuchtet ein, daß die Verfasser dieser Werke offenbar gar nicht die Absicht hatten, nach einem objectiv giltigen Princip einzutheilen, daß es ihnen vielmehr nur darauf ankam, ihre Einzelbeschreibungen irgendwie zu ordnen. Daher erscheinen auch diese Abtheilungen nicht unter den Namen von Classen und Unterabtheilungen (genera majora et minora wie man es damals etwa würde genannt haben), sondern es sind eben nur möglichst symetrisch gehaltene Abschnitte des ganzen Werkes. Wollen wir das, was systematische Bedeutung wirklich beanspruchen darf, in diesen Werken auffinden, so dürfen wir uns also nicht an diese typographisch begrenzten Abschnitte halten, wir müssen vielmehr innerhalb eines jeden derselben die Reihenfolge beobachten, in welcher die Pflanzen aufgeführt werden und da zeigt sich in der That, daß innerhalb des einmal festgesetzten Rahmens das natürlich Verwandte, so gut es eben geht, auch zusammengestellt wird; so finden wir z. B. in dem zweiten Buch von Clusius' Raritäten, zuerst wirklich eine lange Reihe von echten Liliaceen und Asphodeleen, Melantaceen, Irideen ununterbrochen hintereinander abgehandelt, dann folgt der Calmus, an diesen aber schließen sich ohne irgend eine Motivirung eine Reihe von Ranunkulaceen an, in denen die Gattung Ranunculus und Anemone ganz gut gesondert sind, dann aber folgt wieder ohne Weiteres die Gattung Cyclamen in verschiedenen Arten und auf diese zahlreiche Orchideen; mitten in denselben steht aber Orobanche und Corydalis, auf welche Helleborus

niger, Veratrum album, Polygonatum u. s. w. folgen. Aehnlich geht es natürlich auch in den übrigen Abschnitten, obgleich im allgemeinen die Arten einer Gattung beisammenstehen, sogar die Gattungen einer Familie oft genug einander folgen; in alldem aber ist kein rechter Halt, da immer wieder andere Rücksichten das Gefühl für die natürliche Verwandtschaft stören. Die Einzelbeschreibungen des Clusius werden allgemein gerühmt und sie verdienen es wegen ihrer Ausführlichkeit und der Beachtung der Blüthenbildung, doch wendet auch er wie Lobelius und Dodonaeus die ausführlichste Beschreibung den Blättern zu.

Bei Lobelius [1]) tritt, wie schon erwähnt, zum ersten Male das Gefühl für die natürliche Verwandtschaft mit solcher Entschiedenheit hervor, daß dadurch alle anderen Rücksichten überwogen, wenn auch nicht ganz beseitigt werden. Hierüber gibt uns zunächst die Vorrede zu seinem Stirpium adversaria nova 1576 Auskunft, wo es wörtlich heißt: proinde adversariorum voce novas veteribus additas plantas et novum ordinem quadantenus innuimus. Qui ordo utique sibi similis et unus progreditur ducitque assensui propinquioribus et magis familiaribus ad ignotiora et compositiora, modumque sive progressum similitudinis sequitur et familiaritatis, quo et universim et particulatim, quantum licuit per rerum varietatem et vastitatem, sibi responderet. Sic enim ordine, quo nihil pulchrius in caelo aut in sapientis animo, quae longe lateque disparata sunt, unum quasi fiunt, magno verborum memoriae et cognitionis compendio, ut Aristoteli et Theophrasto placet.

Es geht daraus nun freilich nicht hervor, daß Lobelius ein natürliches Pflanzensystem wirklich zu Stande gebracht habe, aber noch mehr als in den Adversarien zeigt sich in seinen Ob-

---

[1]) Mathias Lobelius (de l'Obel) des Dodonaeus und Clusius Freund und Landsmann, wurde zu Lille 1538 geboren, starb 1616 in England, wo er von Jacob I. den Titel eines Botonographen erhalten hatte. Auch über ihn berichtet Meyer ausführlich.

servationes das Bestreben, die Pflanzen nach ihren Gestaltähnlichkeiten zusammenzuordnen und zwar geschieht dies nicht mehr ganz instinktiv nach dem Gesammt-Habitus, er läßt sich vielmehr vorwiegend und offenbar absichtlich von der Form der Blätter leiten, so zwar, daß er von den Gräsern mit schmalen, langen und einfachen Blättern beginnend zu den mehr breitblättrigen Liliaceen und Orchideen fortschreitet, dann zu den Dikotylen übergehend, die Hauptgruppen vielfach in ziemlich geschlossenen Massen auftreten läßt. Doch erscheinen mitten unter den Dikotylen der Blattform wegen auch die Farnkräuter; wogegen die Cruciferen, Umbelliferen, Papilionaceen und Labiaten nur wenig durch Nebenrücksichten gestört in ihrer Continität sich erhalten.

Den Abschluß dieser ganzen Entwicklungsreihe finden wir, wie schon hervorgehoben wurde, in den Leistungen des Caspar Bauhin [1]), sowohl Betreffs der Namengebung und Einzelbeschreibung als auch bezüglich der Anordnung nach habituellen Aehnlichkeiten. Bei Bauhin sind endlich alle Nebenrücksichten geschwunden, seine Werke können im streng wissenschaftlichen Sinne als botanische gelten und zeigen, wie weit man es in einer beschreibenden Wissenschaft bringen kann, ohne daß eine allgemeine vergleichende Formenlehre dieselbe unterstützt und wie weit die bloße Wahrnehmung der habituellen Aehnlichkeiten im Stande ist, eine natürliche Anordnung der Pflanzen zu begründen; weiter konnte man auf dem von den deutschen und niederländischen Botanikern eingeschlagenen Wege nicht wohl gelangen.

Was zunächst Bauhin's Beschreibungen betrifft, so zeigt sein Prodromus Theatri Botanici 1620, daß bei ihm die Beschreibung der einzelnen Art in möglichster Kürze und in bestimmter

---

[1]) Caspar Bauhin wurde 1550 zu Basel geboren und studirte gleich seinem ältern Bruder Johannes bei Fuchs; sammelte in der Schweiz, Deutschland, Italien, Frankreich Pflanzen, ward Professor in Basel und starb 1624. Ueber ihn und seinen Bruder berichtet Haller in der Vorrede seiner hist. stirp. Helvetiae 1768 und Kurt Sprengel Gesch. der Bot. 1818 I. p. 364.

Ordnung alle leicht wahrnehmbaren Theile der Pflanze beachtet: Form der Wurzel, Höhe und Form des Stengels, Eigenschaften der Blätter, Blüthe, Frucht und des Samens werden in knappen Sätzen aufgeführt; selten nimmt eine Beschreibung mehr als 20 kurze Zeilen ein, die Description der einzelnen Art ist hier in der That zu einer Kunst ausgebildet, die Beschreibung zur Diagnose geworden.

Noch höher ist es anzuschlagen, daß bei Caspar Bauhin die Unterscheidung von Species und Gattung schon vollständig und mit Bewußtsein durchgeführt wird; jede Pflanze besitzt bei ihm einen Gattungs- und einen Species-Namen und diese binäre Nomenklatur als deren Begründer gewöhnlich Linné betrachtet wird, ist besonders im Pinax des Bauhin beinahe vollständig durchgeführt; häufig wird freilich dem zweiten Wort, dem Speciesnamen, noch ein drittes und viertes hinzugefügt; man bemerkt aber leicht, daß dies ein bloßer Nothbehelf ist. Viel merkwürdiger ist dagegen, daß Bauhin seinen Gattungsnamen keine Diagnosen beigegeben hat; es ist eben nur der Name, woran man erkennt, daß mehrere Species zu einer Gattung gehören; fast möchte man glauben, daß die Gattungscharakteristik durch die wunderliche, jedem Gattungsnamen mit gesperrter Schrift beigegebene etymologische Erläuterung ersetzt werden soll. Derartige ganz aus der Luft gegriffene Etymologieen haben sich bis zum Ende des 17. Jahrhunderts erhalten, bis endlich Tournefort dem Unwesen entgegentrat. Es war darin noch ein gutes Stück aristotelisch-scholastischer Denkweise enthalten, welche aus der ursprünglichen Bedeutung des Namens das Wesen der Dinge begreifen zu können glaubte.

Nichts zeigt so sehr den Ernst der Forschung Bauhin's, als die Thatsache, daß er eine 40jährige Arbeit seinem Pinax widmete, um für jede von ihm aufgeführte Species nachzuweisen, wie dieselbe bei den früheren Botanikern genannt wurde. Schon das oben aus Fuchs angeführte Beispiel zeigt, wie zahlreich bereits die Benennung einer Pflanze um die Mitte des 16. Jahrhunderts war, ja schon bei Dioscorides und Plinius

werden für jede einzelne Pflanze ganze Reihen von Namen angeführt; dazu kam, daß die Botaniker des 16. Jahrhunderts, wo nur irgend möglich, die Namen des Dioscorides und anderer antiken Schriftsteller auf bestimmte, in Mitteleuropa gefundene Pflanzen anwenden wollten; bei der oft ganz mangelnden gewöhnlich aber durchaus ungenügenden Beschreibung, welche Dioscorides, Theophrast und Plinius ihren Pflanzennamen beigegeben hatten, war es nicht nur für die Wissenschaft des 16. Jahrhunderts, sondern ist es auch noch für die des 19. Jahrhunderts eine sehr schwierige Aufgabe, die Pflanzen jener antiken Schriftsteller wiederzuerkennen; so entstand eine derartige Verwirrung der Namen, daß der Leser eines botanischen Werkes niemals sicher sein konnte, ob die Pflanze des einen Autors auch dieselbe sei wie die gleichnamige Pflanze eines anderen. Jeder Pflanzenbeschreibung pflegte daher schon damals eine kritische Auseinandersetzung darüber beigegeben zu werden, in wiefern der gebrauchte Name mit dem anderer Autoren übereinstimme oder nicht. Diesen Zustand der Unsicherheit wollte Caspar Bauhin durch seinen Pinax beseitigen, indem er für alle ihm bekannten Pflanzenarten die von früheren Autoren für dieselben gebrauchten Namen nachwies, so daß man mit Hilfe dieses Buches noch jetzt im Stande ist, sich über die Nomenklatur des 16. Jahrhunderts zu orientiren; der Pinax ist mit einem Wort das erste und für jene Zeit vollkommen erschöpfende Synonymenwerk, welches für historische Studien betreffs einzelner Pflanzenarten noch jetzt geradezu unentbehrlich ist, gewiß kein kleines Lob, welches einem Werke selbst nach 250 Jahren noch gespendet werden kann.

Bei dieser Tendenz des Pinax wäre es erlaubt, ja sogar zweckmäßig gewesen, die Pflanzen in alphabetischer Reihenfolge anzuführen; desto mehr überrascht es gerade hier, eine sorgfältige Anordnung nach natürlichen Verwandtschaften befolgt zu sehen; gerade dies beweist, was auch durch den Prodromus bestätigt wird, daß Bauhin einen sehr großen Werth auf die Anordnung nach natürlichen Verwandtschaften legte. Auch in diesem Punkte

geht Caspar Bauhin über seine Vorgänger weit hinaus, er verfolgt zwar denselben Weg wie Lobelius 40 Jahre früher, aber er geht auf diesem Wege viel weiter. Mit seinem Vorgänger theilt er aber noch die Eigenthümlichkeit, daß er die größeren Gruppen, die zum Theil unseren jetzigen Familien entsprechen, einzelne Ausnahmen abgerechnet, weder durch besondere Namen bezeichnet, noch durch irgend eine Beschreibung als solche charakterisirt; es ist auch bei Bauhin nur die Reihenfolge selbst, aus der man seine Ansichten über die natürliche Verwandtschaft entnehmen kann. Es bedarf übrigens kaum der Erwähnung, daß die natürlichen Familien, soweit sie in Bauhin's Werke kenntlich werden, jeder scharfen Umgrenzung entbehren, ja man möchte fast schließen, daß er eine solche absichtlich vermied, um ohne Unterbrechung von einer Verwandtschaftskette zur andern übergehen zu können.

Wie Lobelius schreitet auch Bauhin in seiner Aufzählung von dem vermeintlich Unvollkommensten zum Vollkommeneren fort, indem er mit den Gräsern beginnt, die Mehrzahl der Liliaceen und Zingiberaceen, dann die dikotylen Kräuter folgen läßt und endlich mit den Sträuchern und Bäumen schließt.

Mitten in der Reihenfolge der dikotylen Kräuter zwischen den Papilionaceen und den Disteln stehen die ihm bekannten Cryptogamen (mit Ausschluß der den Gräsern zugezählten Equiseten). Ueber den großen Unterschied zwischen den Cryptogamen und Phanerogamen war sich Bauhin offenbar weniger klar als mancher seiner Vorgänger; daß er unter den Cryptogamen auch einzelne Phanerogamen, (wie z. B. die Wasserlinse) und die Salvinien unter den Moosen anführt, daß er die Corallen, Alcionien und Spongien mit den Meeresalgen verbindet, ist dagegen keineswegs auffallend, wenn man bedenkt, daß erst um die Mitte des 18. Jahrhunderts in dieser Beziehung richtigere Ansichten entstanden, und daß selbst Linné sich noch nicht recht entschließen konnte, die sogenannten Zoophyten aus dem Pflanzenreiche auszuschließen und sie den Thieren beizuzählen. Die Pflanzenkenntniß

im wissenschaftlichen Sinne des Wortes war eben bis zum Beginne des 19. Jahrhunderts auf die Phanerogamen beschränkt und wenn wir bis zu diesem Zeitraum von Principien und Methoden der descriptiven Botanik reden, so handelt es sich dabei immer nur um die Phanerogamen und höchstens um die Farnkräuter; die methodische Bearbeitung der Cryptogamen gehört zu den neuesten Fortschritten der Botanik. Hier wurde nur deßhalb auf die Sache hingewiesen, weil gerade bei Caspar Bauhin, einem Botaniker von Begabung, in welchem geradezu das ganze erste Zeitalter der wissenschaftlichen Botanik gipfelt, in schlagendster Weise erkennen läßt, wie groß der Fortschritt seit jener Zeit gewesen ist.

Zweites Capitel.

Die künstlichen Systeme und die Nomenclatur der Organe von Caesalpin bis auf Linné.

1583—1760.

Während sich die Botanik bei den Deutschen und Niederländern in der beschriebenen Art entwickelte, und lange bevor dieser Entwicklungsproceß in C. Bauhin seinen Abschluß fand, legte Andrea Caesalpino in Italien den Grund, auf welchem im 17. und bis tief in das 18. Jahrhundert hinein die weitere Entwicklung der beschreibenden Botanik sich vollziehen sollte; was im 17. Jahrhundert in Deutschland, England, Frankreich zur Förderung der Morphologie und Systematik geschah, knüpfte eng an Caesalpin's Grundsätze an, sei es, daß man dieselben annahm und benutzte, sei es, daß man sie zu widerlegen suchte. Nach und nach wurde dieser Zusammenhang allerdings lockerer und weniger kenntlich, durch neue Gesichtspunkte und Erweiterung des Beobachtungsmaterials verdeckt; aber selbst bei Linné tritt die Anschauungsweise Caesalpin's bezüglich der theoretischen Grundlagen der Systematik und in den Ansichten über das Wesen der Pflanze überhaupt noch so deutlich hervor, daß, wer Caesalpin gelesen hat, bei der Lectüre von Linné's „Fundamenten" oder seiner Philosophia botanica häufig genug auf Reminiscenzen, ja auf aus jenem entnommene Sätze stößt. Wie wir in Caspar Bauhin den Abschluß der mit Fuchs und Bock beginnenden Entwicklungsreihe fanden, können wir Linné als den betrachten, der das von Caesalpin gegründete Lehrgebäude völlig ausbaute und zur Vollendung brachte.

Im schärfsten Gegensatz zu der naiven Empirie der deutschen Väter der Botanik tritt Caesalpin als Denker der Pflanzenwelt gegenüber; galt jenen die Sammlung der Einzelbeschreibungen als Hauptaufgabe, so war dagegen für Caesalpin das empirische Material Gegenstand ernsten Nachdenkens; er suchte vor Allem das Allgemeine aus dem Einzelnen, das principiell Wichtige aus dem sinnlich Gegebenen herauszufinden; indem er sich dabei aber ganz und gar der aristotelischen Denkformen bediente, konnte nicht fehlen, daß auch Vieles in die Thatsachen hineingedeutet wurde, was auf inductivem Wege später wieder beseitigt werden mußte. Aber auch dadurch trat Caesalpin in Gegensatz zu den deutschen Botanikern des 16. Jahrhunderts, daß er sich nicht an dem Gesammteindruck der Pflanzen genügen ließ, daß er vielmehr die einzelnen Theile sorgfältig untersuchte, auch die kleinen und verborgenen Organe betrachtete; bei ihm wurde die Beobachtung zuerst zur wissenschaftlichen Forschung und so entstand in ihm eine merkwürdige Verbindung von inductiver Naturwissenschaft mit aristotelischer Philosophie und diese ist es besonders, welche den theoretischen Bestrebungen seiner Nachfolger bis auf Linné ihre eigenthümliche Färbung verleiht.

Mit seiner philosophisch combinirenden, nach umfassenden Gesichtspunkten suchenden Betrachtung des Pflanzenreiches war Caesalpin übrigens seiner Zeit weit vorausgeeilt. Sein 1583 erschienenes Werk übte zunächst auf die Mitlebenden keinen wahrnehmbaren Einfluß aus; kaum läßt ein solcher sich bei C. Bauhin 30—40 Jahre später nachweisen und was nach diesem bis gegen 1670 von Botanikern geleistet wurde, betraf überall nur die Vermehrung der Einzelkenntniß der Pflanzen; in ihrem Interesse wurden seit 1600 Reisen in alle Welttheile unternommen, die Zahl der im 16. Jahrhundert noch spärlichen botanischen Gärten mehrte sich rasch (z. B. in Gießen 1617, Paris 1620, Jena 1629, Oxford 1630, Amsterdam 1646, Utrecht 1650 u. s. w.) statt der Universalwerke, welche das ganze Pflanzenreich zu umfassen strebten, widmete man sich fortan mit Vorliebe der botanischen Durchsuchung einzelner, kleinerer Gebiete; es entstan-

den die ersten Lokal-Floren (der Name Flora wurde jedoch erst im folgenden Jahrhundert von Linné eingeführt), von denen besonders Deutschland bald eine beträchtliche Zahl hervorbrachte, so z. B. von Altorf 1615 (durch Ludwig Jungermann), von Ingolstadt 1618 (durch Albert Menzel), von Gießen 1623 (durch L. Jungermann), von Danzig 1643 (durch Nicolaus Oelhafen), von Halle 1662 (durch Carl Scheffer), von der Pfalz 1680 (durch Frank von Frankenau), von Leipzig 1675 (durch Paul Ammann), von Nürnberg 1700 (durch J. G. Volkamer).

Wenn nun auch Reisewerke, Cataloge von Local-Floren und die Pflanzencultur in botanischen Gärten Erfahrungen der verschiedensten Art zu Tage fördern, so bleiben diese doch zwischen den Einzelbeschreibungen zerstreut, bis endlich ein combinirender, weiter und tiefer blickender Schriftsteller allgemeine Sätze daraus zu gewinnen sucht. Derartigen Versuchen begegnen wir aber erst tief in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts, bei Morison, Ray, Rivinus, Tournefort u. a., welche an die Principien Caesalpini's anknüpften, nachdem dieselben fast 100 Jahre lang brach gelegen hatten, ja von den Botanikern vergessen waren.

In dieser Einöde fristete, abgesehen von C. Bauhin's Leistungen, nur die Einzelbeschreibung und die Catalogisirung der Arten eine kümmerliche Existenz; was bei den Vätern der deutschen Botanik ein großes Verdienst war, die Einzelbeschreibung, wurde jetzt in ewiger Wiederholung geistlose Tagarbeit. Was auf diesem Wege zu gewinnen war, hatten Lobelius und Caspar Bauhin gethan. Diese Sterilität, welche auf die fruchtbaren Anfänge des 16. Jahrhunderts folgte, war allgemein; weder in Deutschland, noch in Italien, noch in Frankreich und England förderten die Botaniker irgend etwas Bedeutendes zu Tage; zählten ihre Vertreter ohnehin nicht zu den höher Begabten und Denkern ihrer Zeit, so mußte durch das behagliche Kleinleben, das Pflanzensammeln und Catalogisiren, durch die Forderung, womöglich alle bekannten Pflanzen dem Namen nach zu kennen,

die Befähigung zu schwierigeren Verstandesoperationen leiden, da diese eben nicht geübt wurden.

So war es aber nicht bei einem Manne, der in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts in Deutschland die Pflanzenwelt ähnlich behandelte, wie früher Caesalpin gethan hatte, der aber ebenso wie dieser einstweilen bei den zeitgenössischen Botanikern keine Beachtung fand; dieser Mann war der bekannte Philosoph Joachim Jungius, der nicht nur eine vergleichende Nomenclatur der Pflanzentheile schuf, sondern auch über die Theorie des Systems, über Benennung der Arten u. a. in zahlreichen Aphorismen kritisch sich bethätigte. Frei von der geisttödtenden Last, zu welcher die Einzelkenntniß der Arten herangewachsen war, ausgestattet mit Kenntnissen der verschiedensten Art, ein geschulter Denker, war J. Jungius besser befähigt, als die Botaniker von Fach, zu sehen, was der Botanik Noth that und sie fördern konnte; eine in der Geschichte der Botanik sich mehrfach wiederholende Erscheinung. Allein abgesehen von den unmittelbaren Schülern des Jungius blieben seine Leistungen unbekannt, bis Ray 1693 dieselben in sein großes Pflanzenwerk aufnahm und sie seiner theoretischen Botanik zu Grunde legte. Durch gute morphologische Bemerkungen Ray's bereichert, ging Jungius' Nomenclatur der Pflanzentheile auf Linné über, der sie, wie anderes Brauchbare, was ihm die Literatur bot, aufnahm, im Einzelnen förderte, ihren Geist aber durch trockene Schematisirung verdarb.

Die in C. Bauhin gipfelnde Leistung der deutschen und niederländischen Botaniker des 16. Jahrhunderts blieb jedoch nicht ohne tiefgreifenden Einfluß auf die durch Caesalpin begründete weitere Entwicklung der Systematik. Als Caesalpin sein epochemachendes Werk schrieb, war ihm allerdings die natürliche Anordnung des Lobelius 1576 vielleicht noch nicht bekannt; wenigstens weist nichts in seinem Werk darauf hin; es scheint sogar, als ob Caesalpin selbstständig die Thatsache gefunden habe, daß es einen objectiven, in der Gesammtorganisation ausgesprochenen verwandtschaftlichen Zusammenhang unter

den Pflanzen giebt; gewiß ist aber, daß in seinem System von vornherein diese Thatsache einen ganz andern Ausdruck als bei Lobelius und Bauhin dadurch gewann, daß er sich nicht von unbestimmt empfundenen Aehnlichkeiten leiten ließ, sondern vielmehr aus a priori abgeleiteten Gründen die Merkmale glaubte aufstellen zu können, aus denen man die objective Verwandtschaft erkennen müsse. Ging auf diese Weise Caesalpin weit über die deutschen Botaniker hinaus, indem er das deutlich und mit Gründen auszusprechen suchte, was jene nur dunkel empfanden, so war damit aber auch gleichzeitig ein gefahrvoller Weg betreten, auf dem die späteren Botaniker bis auf Linné umherirrten, der Weg nämlich, der immer nothwendig zu künstlichen Gruppirungen führen muß, da sich aus irgend welchen a priori angenommenen Eintheilungsgründen das natürliche System nicht aufstellen läßt. In diesem Labyrinth, in welchem sich die Botaniker bis auf Linné verirrten, blieb nun das durch die deutschen Botaniker zuerst lebhaft empfundene und zu einem gewissen Ausdruck gebrachte Gefühl für natürliche Verwandtschaft der Wegweiser, der immer wieder das zu erreichende Ziel andeutete. Und als endlich Linné und Bernard de Jussieu die ersten schwachen Versuche einer natürlichen Anordnung machten, war es auch bei ihnen wieder derselbe dunkle Drang, wie bei Lobelius und Bauhin, der zum Durchbruch kam und den bisher betretenen Weg als Irrweg erkennen ließ.

Die durch Caesalpin begonnene, bis auf Linné sich erstreckende Entwicklungsperiode der descriptiven Botanik läßt sich demnach vielleicht am besten durch den Ausdruck charakterisiren: man suchte auf dem Wege künstlicher Eintheilung den natürlichen Verwandtschaften gerecht zu werden; bis endlich Linné den Widerspruch in diesem Verfahren deutlich erkannte. Insofern er aber das natürliche System zu bearbeiten der Zukunft überließ und seine Einzelbeschreibungen nach einem ausgesprochenermaßen künstlichen System ordnete, liegt in Linné auch in dieser Beziehung mehr der Abschluß der hier betrachteten Entwicklungsreihe, als der Anfang der neueren Botanik.

Diese einleitenden Betrachtungen werden dem Leser den Faden an die Hand geben, an welchen er sich bei der nun folgenden Betrachtung der hervorragenderen Leistungen von Caesalpin bis Linné halten kann.

Das mehrfach erwähnte Werk des **Andrea Caesalpino** [1]): De plantis libri XVI. erschien in Florenz 1583. Liegt der Werth der gleichzeitigen deutschen Kräuterbücher ganz vorwiegend in der Anhäufung zahlreicher Einzelbeschreibungen, die zwar auch in diesem Werk 15 Bücher füllen, so ist dagegen für die Geschichte der Botanik in diesem Falle die allgemein theoretische Einleitung im ersten Buch von ganz hervorragender Bedeutung. Es enthält nämlich auf 30 Seiten eine ausführliche zusammenhängende, überall von großen und allgemeinen Gesichtspunkten ausgehende, dabei aber in sehr knapper Form äußerst inhaltreiche Darstellung der gesammten theoretischen Botanik. Die verschiedenen Disciplinen, in welche sich die Botanik später gespalten hat, sind hier noch zu einem untrennbaren Ganzen verschmolzen: Morphologie, Anatomie, Biologie, Physiologie, Systematik, Nomenklatur sind so eng in einander geschlungen, daß es schwer hält, Caesalpin's Ansichten über irgend eine allgemeinere Frage klar zu legen, ohne gleichzeitig die verschiedensten anderen Fragen zu berühren. Drei Dinge sind es vor Allem, welche den Inhalt dieses Buches charakterisiren: zunächst eine große Zahl feiner, neuer Beobachtungen überhaupt; sodann der gewichtige Nachdruck, mit welchem Caesalpin die Fructificationsorgane in den Vordergrund der morphologischen Betrachtung stellt und endlich die Art und Weise, wie er dieses empirische Material in streng aristotelischer Weise philosophisch bearbeitet. Wird durch diese Behandlung ein stylistisch schöner, den Leser mit sich fortreißender Vortrag erzielt, das Ganze gewissermaßen durchgeistigt, gewinnt auf diese Weise jede einzelne Thatsache einen allgemeineren Werth, so ist doch andererseits nicht zu verkennen, daß

[1]) Andrea Caesalpino von Arezzo geb. 1519, Ghini's Schüler, Professor in Pisa und später des Papstes Clemens VIII. Leibarzt starb 1603.

die bekannten, der naturwissenschaftlichen Forschung schädlichen Elemente der aristotelischen Philosophie den Verfasser vielfach auf Irrwege führen. Bloße Gedankendinge, welche durch Abstraction des Verstandes gewonnen sind, werden als objectiv vorhandene Substanzen, als wirkende Kräfte unter dem Namen Principien behandelt; neben den wirkenden Ursachen treten Zweckbestimmungen auf: die Organe und Functionen des Organismus sind entweder alicujus gratia oder bloß ob necessitatem vorhanden; die ganze Darstellung wird von einer Teleologie beherrscht, die um so schädlicher in die Betrachtung eingreift, als die Zwecke, um welche es sich handeln soll, überall als bekannt und selbstverständlich vorausgesetzt werden, indem die Pflanze und Vegetation in jeder Beziehung als eine unvollkommene Nachbildung des Thierreiches aufgefaßt wird; gerade bei dieser Behandlung des Stoffes aber mußte nothwendig die völlige Unkenntniß der Sexualität der Pflanzen und der Bedeutung der Blätter für die Ernährung zu folgeschweren Fehlschlüssen führen; dieser Mangel würde nur für eine rein morphologische Betrachtung der Pflanze, wie wir später bei Jungius sehen werden, von geringerem Belang sein; allein bei Caesalpin verschlingen sich morphologische und physiologische Betrachtungen so, daß ein Fehler in der einen Richtung nothwendig auch Fehler in der andern nach sich zieht.

Das in Bezug auf die Methode Caesalpin's Gesagte mag zunächst an einigen Beispielen erläutert werden, um zu zeigen, wie eng er sich einerseits an Aristoteles anschließt und wie andererseits durch Caesalpin's Vermittlung gewisse aristotelische Auffassungen in die spätere theoretische Botanik übergegangen sind, ohne daß dieser Ursprung bisher hinreichend beachtet worden wäre [1]).

„Da die Natur der Pflanzen", so beginnt Caesalpin's

---

[1]) Auf Caesalpin's Ansichten über Ernährung und seine Abweisung der Sexualität der Pflanzen komme ich in der Geschichte der Physiologie zurück.

Buch, „ausschließlich jene Art von Seele besitzt, durch welche sie ernährt werden, wachsen und ihnen Aehnliches erzeugen, dafür aber der Empfindungskraft und Bewegung entbehren, worin die Natur der Thiere besteht, so bedurften die Pflanzen mit gutem Recht eines weit geringeren Apparates von Werkzeugen als die Thiere". In unzähligen Wiederholungen zieht sich dieser Gedanke durch die Geschichte der Botanik hin und zumal die Anatomen und Physiologen des 18. Jahrhunderts wurden nicht müde, die Einfachheit des Pflanzenbaues und der vegetabilischen Functionen hervorzuheben. — „Da aber", heißt es weiterhin, „die Thätigkeit der ernährenden Seele darin besteht, etwas Aehnliches zu erzeugen und da dieses aus der Nahrung zur Erhaltung der Einzelwesen, oder aus dem Samen zur Verewigung der Species entsteht, so sind den vollkommenen höchstens zweierlei Theile verliehen, die aber von der höchsten Nothwendigkeit sind: ein Theil, durch welchen sie die Nahrung aufnehmen, welcher Wurzel genannt wird, und ein anderer, durch welchen sie die Frucht, gleichsam den Foetus zur Fortpflanzung der Species tragen, welcher Theil Stengel (caulis) genannt wird bei kleineren Pflanzen, Stamm (caudex) dagegen bei den Bäumen."

Auch diese in der Hauptsache richtige Auffassung des aufrechten Stammes als Samenträger der Pflanze zieht sich durch die spätere Botanik noch lange hin. Zu beachten ist auch im Anfange dieses Satzes, daß die Erzeugung des Samens nur als eine andere Art der Ernährung betrachtet wird, eine Annahme, durch welche später noch Malpighi an der richtigen Deutung der Blüthen und Früchte gehindert wurde, und welche in jedoch verändertem Sinne 1759 bei Caspar Friedrich Wolff zu einer sehr schiefen Auffassung der Bedeutung der Sexualfunction führte. — Mitten in die aristotelische Mißdeutung der Pflanze, wonach die Wurzel eigentlich dem Mund oder Magen entspricht, daher dem Begriffe nach als der obere Theil betrachtet werden muß, obgleich sie unten liegt, die Pflanze also einem auf den Kopf gestellten Thiere zu vergleichen wäre, wonach sich das Oben und Unten bei der Pflanze bestimmen lasse; in diese Auffassung

werden wir durch folgenden Satz Caesalpini's eingeführt: „Jener Theil aber (die Wurzel nämlich) ist edler (superior), weil sie ursprünglicher ist und in die Erde eingesenkt; denn es leben viele Pflanzen nur durch die Wurzel, nachdem der Stengel mit der Samenreife verschwunden ist — —; der Stengel dagegen ist von geringerer Bedeutung (inferior), obgleich er über die Erde emporgehoben wird; denn die Exkrete, wenn solche vorhanden sind, werden durch diesen Theil ausgeschieden; es ist also ähnlich wie bei den Thieren bezüglich der Ausdrücke pars superior und inferior. Wenn wir in Wahrheit die Art der Ernährung in Betracht ziehen, so müssen wir in anderer Weise das Oben und Unten bestimmen; da nämlich sowohl bei den Thieren, wie bei den Pflanzen die Nahrung aufwärts steigt (denn das Ernährende ist leicht, weil es von der Wärme emporgetragen wird), so war es nöthig, die Wurzeln am untern Theile einzupflanzen, den Stengel aber gerade aufwärts zu ziehen, denn auch bei den Thieren findet die Einwurzelung der Venen am unteren Theil des Bauches statt, der Hauptstamm derselben aber strebt aufwärts nach dem Herzen und dem Kopf.“ Man sieht wie hier in ächt aristotelischer Weise die Thatsachen in ein vorher bestimmtes Schema hineingezwängt werden.

Von besonderem Interesse für die Beurtheilung gewisser Ansichten späterer Botaniker ist Caesalpin's Auseinandersetzung über den Sitz der Pflanzenseele. „Ob irgend ein Theil bei den Pflanzen angenommen werden kann, in welchem das Princip der Seele liegt, wie das Herz bei den Thieren, ist noch zu erwägen — denn da die Seele die Bethätigung (actus) des organischen Körpers ist, so kann dieselbe weder tota in toto noch tota in singulis partibus sein, sondern ganz in irgend einem Haupttheile, aus welchem den übrigen abhängigen Theilen das Leben mitgetheilt wird. — Wenn nämlich die Thätigkeit der Wurzel ist, Nahrung aus der Erde zu ziehen, des Stengels dagegen, Samen zu tragen, und beide nicht vertauscht werden können, so daß die Wurzel Samen trüge und der Sproß in die Erde geführt würde; so würde es entweder zweierlei der Art nach

verschiedene und dem Orte nach getrennte Seelen geben, so daß die eine in der Wurzel, die andere im Sprosse sitzt; oder es würde nur eine geben, welche beiden ihre eigenthümlichen Fähigkeiten verleiht. Daß es jedoch nicht zwei Seelen von verschiedener Art und an verschiedenem Ort in einer Pflanze gebe, dafür hat man folgendes Argument: wir sehen oft eine abgeschnittene Wurzel einen Sproß austreiben und ebenso einen abgeschnittenen Zweig eine Wurzel in die Erde schicken, als ob eine der Art nach untheilbare Seele in beiden Theilen vorhanden wäre. Dieß aber würde zu beweisen scheinen, daß die ganze Seele in den beiden Theilen vorhanden ist und daß sie ganz in der ganzen Pflanze sei, wenn dem nicht entgegenstände, was wir bei vielen wahrnehmen, daß nämlich die Fähigkeiten auf beide Theile vertheilt sind, so daß der Sproß, wie er auch eingegraben werde, niemals Wurzeln aussendet, wie bei Pinus und Abies, bei denen auch die abgeschnittenen Wurzeln zu Grunde gehen." Damit wäre also nach Caesalpin zunächst bewiesen, daß in Wurzel und Stamm nur einerlei Seele wohnt, daß sie jedoch nicht in allen Theilen vorhanden ist; in der weiteren Darlegung sucht er nun den wahren Sitz der Seele ausfindig zu machen. Zunächst zeigt er einen anatomischen Unterschied zwischen Sproß und Wurzel; die Wurzel bestehe aus der Rinde und einem inneren Körper, welcher bei einigen hart und holzig, bei anderen weich und fleischig ist. Im Stengel dagegen gibt es drei konstituirende Theile: außen die Rinde, im Innern das Mark und zwischen beiden eingeschlossen einen Körper, welcher bei den Bäumen Holz genannt wird. Auf diese in der Hauptsache richtige Unterscheidung von Stamm und Wurzel folgt nun wieder eine ächt aristotelische Deduction.

„Wenn nun aber in allen Wesen (NB. es soll für die Hälfte dieser Wesen erst bewiesen werden, wird aber einstweilen als bewiesen angenommen) die Natur das Lebensprincip in den innersten Theilen zu verbergen pflegt, wie die Eingeweide in Thieren, so wird es auch der Vernunft gemäß sein, daß in den Pflanzen das Lebensprincip nicht in der Rinde, sondern tiefer

im Innern verborgen sei, nämlich im Mark, welches nur im Stengel, nicht in der Wurzel vorhanden ist. Daß dieß auch die Meinung der Alten gewesen sei, können wir aus dem Namen schließen, denn diesen Theil nannten sie bei den Pflanzen Herz (cor), Andere auch Gehirn (cerebrum), Andere matrix, da aus diesem Theil gewissermaßen das Princip der Foetification (Samenbildung) abgeleitet werde." Man bemerkt schon hier, warum die Samen nach Caesalpin, was ihm später von Linné getreulich nachgesprochen wurde, aus dem Mark entstehen sollen, worauf wir noch zurückkommen; den Schluß der ganzen weitläufigen Deduction bildet der Satz: „Nun giebt es aber bei den Pflanzen zwei Haupttheile, die Wurzel und das Ganze, was nach Oben strebt; demnach scheint der passendste Ort für das Herz der Pflanzen in dem mittleren Theil zu liegen, wo nämlich der Sproß mit der Wurzel sich verbindet. Auch erscheint an diesem Orte eine gewisse Substanz, welche sowohl vom Sproß, wie von der Wurzel verschieden ist, weicher und fleischiger als beide, weßhalb sie cerebrum genannt zu werden pflegt, bei vielen eßbar, bevor sie alt wird." Wir werden weiter unten noch sehen, welch' bedeutungsvolle Rolle dieser so schwierig mit allen Hilfsmitteln der Scholastik zu Tage geförderte Sitz der Pflanzenseele in der Systematik Caesalpin's zu spielen bestimmt ist und wie er auf diesem theoretischen Weg dazu gelangte, die Lage des Embryos im Samen als Eintheilungsprincip zu benützen. Hier aber mag die Bemerkung noch Raum finden, daß der Verbindungspunkt von Wurzel und Stamm, in welchem Caesalpin den Sitz der Pflanzenseele suchte, von den späteren Botanikern den Namen Wurzelhals erhielt (collet); wenn aber auch die Botaniker des 19. Jahrhunderts aus der Schule Linné's nicht mehr wußten, was im 16. Jahrhundert Caesalpin bewiesen hatte, daß der Wurzelhals der Sitz der Pflanzenseele sei, und wenn man auch an eine Pflanzenseele nicht mehr glaubte, so erhielt sich doch eine abergläubische Werthschätzung dieses Theils der Pflanze, der eigentlich nicht einmal ein Theil ist; und nur so scheint es erklärlich, daß demselben besonders von manchen

französischen Botanikern eine Wichtigkeit beigelegt wurde, die ohne historische Nachweisung kaum verständlich wäre. — Kehren wir nun nochmals zu Caesalpin's cor zurück, so macht ihm die Thatsache, daß die meisten Pflanzen sich aus abgetrennten Theilen regeneriren, keine große Sorge; in ächt aristotelischer Art sagt er: obgleich das Lebens-Princip thatsächlich nur eins, so sei es doch der Möglichkeit nach vielfältig. Schließlich findet sich auch in jeder Blattaxel ein cor, durch welches sich der Axelsproß mit dem Mark des Muttersprosses verbindet und endlich, im directen Widerspruch mit obigem Nachweis für den Sitz der Pflanzenseele im Wurzelhals wird im 5. Cap. ganz unumwunden gesagt, daß die Pflanzenseele gewissermaßen durch alle Theile verbreitet sei.

Die theoretische Einleitung zu seinen trefflichen und reichhaltigen Bemerkungen über die Fructificationstheile mag uns noch ein Beispiel von Caesalpin's peripatetischer Methode darbieten: „Da in derjenigen Fortpflanzung, welche aus dem Samen geschieht, der Endzweck (finis) der Pflanzen besteht, während die Fortpflanzung aus einem Sproß von unvollkommener Natur ist, insoferne nämlich Pflanzen auch getheilt leben, so zeigt sich die Schönheit der Pflanzen am meisten bei der Hervorbringung des Samens; denn in der Zahl der Theile, in den Formen und Verschiedenheiten der Samenbehälter zeigt die Fructification einen bei Weitem größeren Schmuck als die Entfaltung eines Sprosses; diese wunderbare Schönheit beweise den Genuß (delitias) der erzeugenden Natur bei der Hervorbringung der Samen. Sowie folglich bei den Thieren der Same ein Excret des feinsten Nährstoffes im Herzen sei, durch dessen Lebenswärme und Geist er fruchtbar gemacht wird; so sei auch bei den Pflanzen nothwendig, daß die Substanz der Samen aus dem Theil sich abtrenne, in welchem das Prinzip der Eigenwärme liegt, welcher, wie er oben gezeigt, das Mark ist. Deßhalb also entspringt aus dem feuchteren und reineren Theil der Nahrung das Mark des Samens[1]), aus dem gröberen entsteht die Samen-

[1]) Das Mark des Samens, wie sich später zeigt, ist die Substanz der Cotyledonen und des Endosperms.

schale, welche zum Schutz herumgelegt ist. Es war nämlich nicht nöthig in den Pflanzen eine besondere befruchtende Substanz von der übrigen Materie zu scheiden, wie bei den Thieren, die sich als männliche und weibliche unterscheiden" u. s. w.

Die Schlußbemerkung sowie mehrere ausführliche Deductionen Caesalpin's sollen wie bei Aristoteles die Abwesenheit, ja Unmöglichkeit der Sexualität bei den Pflanzen beweisen und dem entsprechend vergleicht er denn auch weiterhin die Blüthentheile, die er besser als seine Zeitgenossen kannte, mit den Eihäuten des thierischen Foetus, die er als Schutzorgane auffaßt. Kelch, Corolle, Staubfäden und Carpelle sind ihm bloß schützende Hüllen des jungen Samens, wie die Laubblätter nur Schutzmittel der jungen Sprosse sind. Unter Blüthe (flos) versteht Caesalpin übrigens nur die Theile der Blüthe, welche nicht unmittelbar zur Fruchtanlage gehören, also den Kelch, die Blumenkrone, und die Staubgefäße. Dieß muß man festhalten, wenn man seine Fructificationstheorie und besonders seine Metamorphosenlehre verstehen will. Auch ist dabei zu beachten, daß er unter dem Ausdruck Pericarpium ausschließlich die saftigen, eßbaren Fruchthüllen versteht, wobei aber freilich auch pulpöse Samenhüllen innerhalb der Frucht selbst für Pericarpien gelten. Als Blüthentheile gelten ihm das folium, welches offenbar die Blumenkrone bedeutet, aber in gewissen Fällen auch den Kelch mit umfaßt; ferner das stamen worunter Caesalpin unsere Griffel versteht, und die flocci, unsere jetzigen Staubgefäße. Man sieht, daß Caesalpin ohne Weiteres Kelch und Blumenkrone mit demselben Wort bezeichnete, wie die gewöhnlichen Laubblätter, mit dem Worte folium; ebenso wie er und hundert Jahre später Malpighi ohne Bedenken die Cotyledonarblätter als metamorphosirte Blätter betrachtete. Uebrigens liegt die Blattnatur der Blüthenhüllen und der Cotyledonen so nahe, daß jedes unbefangene Auge sie unbewußt wahrnehmen muß; wenn in dieser Beziehung in der nachlinné'schen Zeit Zweifel entstehen konnten, so war das nur in Folge der linnéischen Nomenclatur, welche jeder comparativen Betrachtung entbehrte, möglich.

Uebrigens erscheint die Metamorphosenlehre bei Caesalpin viel consequenter und nothwendiger als bei den Botanikern des 19. Jahrhunderts vor Darwin; bei ihm fließt diese Lehre ganz unmittelbar aus den philosophischen Ansichten von der Natur der Pflanze und erscheint daher bis zu einem gewissen Grade durchaus verständlich. Als Metamorphosenlehre Caesalpin's können wir nämlich auch die Annahme betrachten, daß die Samensubstanz (Embryo und Endosperm) aus dem Mark entspringt, weil dieses das Lebensprincip enthält[1]); sowie aber das Mark des Sprosses von Holz und Rinde schützend umgeben ist, so auch die Samensubstanz von der holzigen Samenschale und von dem rindenähnlichen Perikarp oder einer dem Perikarp entsprechenden Fruchthülle. Nach Caesalpin entspringt daher die entwicklungsfähige Samensubstanz aus dem Mark, die holzige Samenschale aus dem Holz, das Pericarpium aus der Rinde des Sprosses. Die Schwierigkeit, die sich für ihn aus dieser Deutung insofern ergiebt, als seiner Theorie gemäß auch die Blüthentheile, nämlich Kelch, Corolle und Staubfäden aus den äußeren Gewebeschichten des Sprosses entspringen müssen, beseitigt er mit der Bemerkung (p. 19), daß diese Blüthentheile entstehen zu einer Zeit, wo das Pericarpium erst der Anlage nach vorhanden ist, erst nach dem Abfallen jener entwickelt es sich weiter; auch seien diese Blüthentheile so dünn, daß in dieser Annahme nichts Wunderbares liege. Wir sehen in dieser Metamorphosenlehre Caesalpin's ohne Zweifel die später von Linné angenommene Blüthentheorie, wenn auch in etwas anderer Form. Daß Linné selbst aber die ihm zugeschriebene Blüthentheorie als Caesalpin's Meinung betrachtet, zeigt sich in seinen Classes plantarum, wo der dritte Satz in der Cha-

---

[1]) Bei Theophrast (Throph. Eresii quae supersunt opera von Schneider Leipzig 1818; de causis pl. L. V. cap. V.) findet sich die Angabe, daß nach Zerstörung des Marks der Weinrebe die Trauben keine Samenkerne enthalten; offenbar deutet dieser Aberglaube auf ein höheres Alterthum der Ansicht, daß die Samen aus dem Mark entstehen.

rakteristik des Caesalpin'schen Systems also lautet: „Die Blüthe betrachtete er als die inneren Theile der Pflanze, welche aus der gesprengten Rinde hervortreten; den Kelch wie eine dickere aufgesprungene Rinde des Sprosses; die Blumenblätter wie eine innere dünnere Rinde; die Staubgefäße als die inneren Fasern des Holzes und das Pistill als das Mark der Pflanze selbst." Man bemerkt jedoch, daß dieß allerdings nicht ganz Caesalpin's Meinung war, ebenso gewiß ist aber, daß Linné's hier wörtlich angeführte Ansicht Caesalpin's Meinung wieder geben sollte und wenn sie dieß auch nicht genau thut, so ist sie doch im Princip nicht wesentlich von ihr verschieden, ja man kann Linné's Auffassung als die im Caesalpin'schen Sinne konsequentere betrachten. Die Metamorphosenlehre Caesalpin's tritt aber noch bei anderer Gelegenheit deutlich hervor; es giebt, sagt er, nicht in allen Blüthen Blumenblätter, Staubgefäße und Griffel; die Blüthen gehen bei manchen in eine andere Substanz über, wie bei der Haselnuß, der eßbaren Kastanie und allen Kätzchenträgern. Das Kätzchen stehe nämlich statt einer Blüthe, es sei ein länglicher Körper, der aus dem Sitze der Frucht hervorgezogen ist (und auf diese Weise erscheinen Früchte ohne Blüthen), denn die Griffel (stamina) bilden die Längsachse des Kätzchens (in amenti longitudinem transeunt), die Blumenblätter aber und Staubgefäße verwandeln sich in die Schuppen des Kätzchens. Dies Alles zeigt, daß dem Caesalpin der Gedanke einer Metamorphose (für welchen man selbst schon bei Theophrast Andeutungen findet) sehr geläufig war und gewiß paßte dieser Gedanke in seine aristotelische Philosophie vollkommen hinein, während die von Goethe ausgegangene Metamorphosenlehre im Grunde ebenfalls auf scholastischen Beinen steht, aber eben deßhalb in der modernen Naturwissenschaft sich recht fremdartig ausnimmt. Es wurde schon erwähnt, daß Caesalpin nur die Hülltheile und Staubgefäße unter dem Namen Blüthe zusammenfaßt und sie der Fruchtanlage entgegenstellt; daher sagt er, es giebt einige Pflanzen, bei denen etwas Kätzchenartiges entsteht, ohne jede Hoffnung auf Frucht; denn sie sind ganz unfruchtbar; diejenigen

aber, welche Frucht tragen, blühen nicht, wie Oxycedrus, Taxus und bei den Kräutern Mercuriales, Urtica, Cannabis, bei denen man die sterilen als männliche, die fruchtbaren als weibliche bezeichnet. Er unterschied also diese Fälle, die wir jetzt als diöcische bezeichnen von den vorhingenannten monöcischen, zu denen er auch den Mais rechnet.

Dies Alles mag dem Leser eine, wenn auch sehr ungenügende Vorstellung von Caesalpin's Theorie geben; um ihm jedoch völlig gerecht zu werden, müßte ich nun seine sehr zahlreichen, richtigen, oft feinen Wahrnehmungen über Blattstellung, Fruchtbildung, Vertheilung der Samen und Lage derselben in der Frucht, seine vergleichenden Bemerkungen über die Fruchttheile verschiedener Pflanzen, besonders auch seine ganz vortreffliche Schilderung der Ranken- und Schlingpflanzen, der Dornbewaffnung und dergleichen ausführlich mittheilen. Wenn auch selbstverständlich viel Schiefes und Unrichtiges mit unterläuft, so haben wir doch in den betreffenden Capiteln den ersten Anfang einer vergleichenden Morphologie vor uns, der Alles, was Aristoteles und Theophrast in dieser Beziehung gesagt hatten, tief in den Schatten stellt. Zu den Glanzparthieen seiner allgemeinen Botanik aber gehört das 12., 13. und 14. Capitel, wo er die Grundzüge der Lehre von der Systematik der Pflanzen aufstellt; um für das Spätere vorzubereiten, zeigt er zunächst, daß es zweckmäßiger sei, von den alten vier Gruppen des Pflanzenreichs die Sträucher mit den Bäumen, die Halbsträucher mit den Kräutern zu vereinigen. Wie nun aber diese Genera in Species zu vertheilen sind, sei schwer abzusehen, da die Menge der Pflanzen fast unzählig ist. Nothwendigerweise müsse es auch viele intermediäre Genera geben, unter denen die ultimae species enthalten sind, aber wenige seien bis dahin bekannt. Nun wendet er sich gegen die nur auf die Beziehungen der Pflanzen zum Menschen gegründeten Eintheilungen. Solche Gruppen, wie die Gemüse und Getreidearten, welche zusammen fruges genannt werden und die Küchenkräuter (olera) seien mehr nach dem Gebrauch, als nach der Aehnlichkeit der Form, welche wir fordern,

angenommen, was er nun an Beispielen treffend darstellt. Nach dem, fährt er fort, was bisher darüber gesagt worden, ist die Erkennung der Pflanzen sehr schwierig, den so lange die Genera (größere Gruppen) unbestimmt sind, müssen nothwendig die Species durcheinander geworfen werden[1]); die Schwierigkeit entsteht aber eben daraus, weil es ungewiß ist, wonach die Aehnlichkeiten der Gattungen zu bestimmen seien. Indem es nämlich zwei Haupttheile der Pflanzen, die Wurzel und den Sproß giebt, kann man, wie es scheint, aus der Aehnlichkeit und Unähnlichkeit weder des einen noch des andern die Genera und Species ableiten; denn wenn wir als ein Genus diejenigen aufstellen, welche eine runde Wurzel haben, wie die Rübe, die Aristolochia, das Cyclamen, das Arum, so trennen wir generell, was in hohem Grade übereinstimmt, wie den Raps und den Rettig, welche mit der Rübe und die lange Aristolochia, die mit der runden übereinstimmt, während wir dagegen das Verschiedenste vereinigen; denn das Cyclamen und die Rübe sind in allem Uebrigen von ganz verschiedener Natur: ähnlich verhalte es sich mit solchen Eintheilungen, die blos auf der Verschiedenheit der Blätter oder der Blüthen beruhen.

Im weiteren Verfolg dieser Betrachtungen, die vorwiegend von dem Begriff der Species handeln, kommt er auch zu dem Satz: nach dem Naturgesetz erzeuge Aehnliches allerwärts Aehnliches und solches, was von derselben Species ist.

Aus Allem, was Caesalpin über die systematische Gruppirung sagt, erkennt man, daß er sich vollkommen klar war über den Unterschied einer Eintheilung nach subjectiven Gründen und einer solchen, welche die innere Natur der Pflanzen selbst respectirt und daß er die letztere als die allein richtige gelten ließ; so heißt es z. B. im folgenden Capitel: „Wir suchen die Aehnlichkeiten und Unähnlichkeiten der Formen, aus denen das Wesen (substantia) der Pflanzen besteht, nicht aber von solchen Dingen, die ihnen blos zufällig zukommen (quae accidunt

---

[1]) Ein Satz, den Linné Philos. bot. Satz 159 ausdrücklich citirt.

ipsis)." Die medicinischen Kräfte und andere nützliche Eigenschaften seien eben bloße Accidentien. Hiermit war einerseits die Bahn gebrochen, auf welcher alle wissenschaftliche Systematik fortschreiten muß, insoferne sie allein die objective Verwandtschaft darstellen soll; aber gleichzeitig liegt in diesem Satz auch schon der Abweg vorgezeichnet, auf welchem sich die ganze Systematik bis auf Darwin bewegt hat: setzen wir in obigem Satz für das Wort substantia das andere idea, was in der aristotelisch-platonischen Weltanschauung ungefähr auf dasselbe hinausläuft, so erkennen wir die modernere vordarwinische Lehre wieder, wonach die Species, Gattungen, Familien ideam quandam und quoddam supranaturale repräsentiren.

Im weiteren Verfolge seiner Deductionen zeigt nun Caesalpin, daß nach der wichtigsten Thätigkeit der Vegetation, der Anziehung der Nahrung durch Wurzel und Sproß, die wichtigsten Abtheilungen, nämlich die der Holzpflanzen und der Kräuter geschieden werden müssen; eine solche Eintheilung galt nun einmal seit dem Alterthum und später bis auf Rivinus für ein unantastbares Dogma, dem sich die Wissenschaft einfach zu fügen hatte. Die zweite Hauptfunction der Pflanze ist die, Aehnliches zu erzeugen, was durch die Fructificationstheile geschieht. Obgleich nun solche nicht allen, sondern nur den vollkommeneren eigen sind, so werden die Unterabtheilungen (posteriora genera) sowohl bei den Bäumen wie bei den Kräutern doch aus der Aehnlichkeit und Unähnlichkeit der Fructification abzuleiten sein. So kam also Caesalpin durch rein aristotelisch-philosophische Deductionen, nicht aber auf inductivem Wege zu dem Satz: daß die Principien der natürlichen Eintheilung von den Fructificationsorganen herzunehmen sind; ein Satz, um deßwillen Linné den Caesalpin als den ersten Systematiker feierte, wogegen er den Lobelius und Caspar Bauhin, welche nach dem Habitus allein ihre systematischen Zusammenstellungen machten, kaum der Erwähnung werth hielt.

Es waren also a priori gemachte Werthbestimmungen, wie solche die ganze aristotelische Philosophie durchziehen, aus denen

Caesalpin die Unterabtheilungen nach den Fruchtorganen ableitete.

Ich muß es mir versagen, auf manche anziehende Punkte von Caesalpin's weiterer Darlegung einzugehen: das Eine will ich jedoch hervorheben, daß seiner Meinung nach bei den Pflanzen das Höchste, was sie erzeugen, die Fructification ist, bei den Thieren die Sinne und die Bewegung, bei den Menschen aber die Intelligenz. Da diese letztere besonderer körperlicher Instrumente jedoch nicht bedürfe, so finde sich keine specifische Verschiedenheit der Menschen, es giebt also, nach Caesalpin, nur eine Species Mensch.

Im 14. Capitel giebt er nun in großen Zügen ein übersichtliches Bild seines Pflanzensystems nach den Fructifikationsmerkmalen, wobei er mit den unvollkommensten beginnt; für den, der die betreffende Literatur des 17. und 18. Jahrhunderts kennt, wird es nichts Ueberraschendes haben, zu finden, daß Caesalpin bei den niederen Pflanzen eine generatio spontanea in krasser Form zuläßt; das gehörte zur aristotelischen Lehre und hundert Jahre später suchte sogar Mariotte die generatio spontanea auch bei den hochentwickelten Pflanzen aus physicalischen Gründen plausibel zu machen.

„Manche Pflanzen, sagt Caesalpin, haben überhaupt keinen Samen, da sie die unvollkommensten sind und nur durch Fäulniß entstehen; daher brauchen sie sich auch nur zu ernähren und zu wachsen; ihres Gleichen zu erzeugen, vermögen sie nicht; sie sind gewissermaßen Mitteldinge zwischen Pflanzen und der unbelebten Natur. In derselben Weise wie die Zoophyten Mitteldinge zwischen Thier und Pflanze sind, wie das Geschlecht der Pilze; dahin gehören nun die Wasserlinsen, die Flechten und und viele im Meer wachsende Sträucher."

Manche aber sieht man Samen abwerfen, sie bilden ihn aber ihrer eigenthümlichen Natur gemäß unvollkommen aus, ähnlich wie unter den Thieren das Maulthier; sie verhalten sich nämlich wie bloße Mißbildungen oder Krankheiten anderer Pflanzen so z. B. viele in der Gattung des Getreides, welche leere Aehren

tragen (offenbar sind die Ustilagineen gemeint); dahin rechnet er aber auch die Orobanchen und Hypocystis, denn in diesen allen ist statt des Samens ein bloßes Pulver enthalten, und Caesalpin bemerkt, um den Unterschied zu zeigen: wenn bei den vollkommeneren Pflanzen manche steril sind, so gehören sie doch nicht in diese Abtheilung, da dieß bei ihnen nur individuell ist.

Einige tragen etwas, was der Proportion nach dem Samen entspricht, denn sie pflanzen sich dadurch fort; es ist eine Art Wolle auf den Blättern; da diese Pflanzen des Stengels, der Blüthe und des Samens entbehren, wie die Farnkräuter. Man beachte hier wohl die aus der Morphologie des Caesalpin entspringende Consequenz, wonach Pflanzen ohne ächte Samen auch keinen Stamm haben können; obgleich die Begründung dieser Ansicht bei den späteren Botanikern nach und nach verloren ging, erhielt sich doch die Meinung, daß die Farnkräuter des Stammes entbehren; und Botaniker, welche noch gegen die Mitte unseres Jahrhunderts Beweise für die Stammlosigkeit der Farne lieferten, hatten wohl keine Ahnung davon, daß sie damit ein Dogma der aristotelischen Philosophie zu beweisen suchten: es war ein ähnliches Verhältniß, wie mit dem oben bereits erwähnten Wurzelhals. Doch hören wir, was Caesalpin weiter sagt. Andere endlich tragen wirkliche Samen und diese Abtheilung werde er hier zunächst behandeln, da sie eine große Ausdehnung besitzt; sie enthält nämlich die vollkommenen Pflanzen. Zur Constitution der Organe trage vorwiegend dreierlei bei, nämlich die Zahl, Stellung und Figur der Theile; die Natur spiele in der Zusammensetzung der Früchte, nach den Differenzen derselben in verschiedener Weise, woraus die verschiedenen Abtheilungen der Pflanzen entspringen. Er giebt nun die verschiedenen Gesichtspunkte an, nach denen er aus diesen Verhältnissen sein System zu entwerfen gedenkt; Gesichtspunkte, die ich hier übergehe, da sie besser und kürzer aus der unten folgenden Aufzählung seines Systems zu entnehmen sind. Die übrigen Merkmale dagegen, die sich aus Wurzeln, Stengeln, Blättern entnehmen lassen, können nach

Caesalpin zur Bildung der kleinen Abtheilungen benutzt werden. Manche Merkmale endlich, welche weder zur Constitution der ganzen Pflanze, noch der Frucht etwas beitragen, wie die Farben, Gerüche, Geschmäcke sind bloße Zufälligkeiten und entstehen daher oft auch bloß durch die Cultur, den Standort oder das Klima u. s. w.

Mit dieser Uebersicht endigt das erste der sechszehn Pflanzenbücher Caesalpin's. Die folgenden fünfzehn Bücher enthalten auf ungefähr 600 Seiten die Einzelnbeschreibungen zum Theil sehr ausführlich und in 15 Classen geordnet; er beginnt mit den Bäumen, denen er der Verwandtschaft wegen (ob affinitatem), wie er sagt, auch die Sträucher beifügt. Der Anerkennung dieses Systems hat es offenbar sehr geschadet, daß Caesalpin es unterließ, eine Uebersicht desselben dem Text vorauszuschicken, seine Darstellung hat zudem eine ähnliche Form wie bei Clusius, Dodonaeus, Bauhin d. h. statt in Klassen, Ordnungen u. s. w. bewegt sich die Darstellung in der herkömmlichen Form von Büchern und Capiteln; doch enthalten die Ueberschriften und Einleitungen der Bücher die Bezeichnung und allgemeine Charakteristik der in ihnen behandelten Classen. Linné hat sich das Verdienst erworben, sämmtliche vor ihm aufgestellte Systeme und in erster Linie auch das des Caesalpin in seinen Classes plantarum übersichtlich darzustellen, die charakteristischen Eigenthümlichkeiten hervorzuheben und vor Allem den alten Gattungsnamen die uns geläufigen Linné'schen Namen beizufügen. Auf dieses höchst verdienstliche Werk, welches uns für das Verständniß der systematischen Bestrebungen von Caesalpin bis auf Linné selbst einen bequemen Schlüssel liefert, werde ich auch später vielfach verweisen und hier lasse ich nach seiner präcisen Formulirung eine Uebersicht der caesalpinischen Hauptabtheilungen folgen, die den Raum, den sie einnimmt, schon werth ist, da es sich um das erste jemals aufgestellte und mit Diagnosen versehene Pflanzensystem handelt. Zum Verständniß der falgenden Diagnosen habe ich noch zu bemerken, daß nach Caesalpin im Samen das cor (Herz) selbstverständ-

lich die Hauptsache ist und zwar versteht er in Uebereinstimmung mit dem früher gesagten darunter diejenige Stelle des Embryos, wo die Keimwurzel und die Keimknospe sich verbinden, oder wie er selbst ungenau sagt, die Stelle, aus welcher die Cotyledonen entspringen.

Der Kürze wegen setze ich die Classen-Diagnosen nach Linné lateinisch hierher.

Arboreae

(Arbores et frutices)

I. Corde ex apice seminis. Seminibus saepius solitariis. *(z. B. Quercus, Fagus, Ulmus, Tilia, Laurus, Prunus).*

II. Corde e basi seminis, seminibus pluribus *(z. B. Ficus, Cactus, Morus, Rosa, Vitis, Salix, Coniferen u. s. w.)*

Herbaceae

(Suffrutices et herbae).

III. Solitariis seminibus. Semine in fructibus unico *(z. B. Valeriana, Daphne, Urtica, Cyperus* und *Graeser.)*

IV. Solitariis pericarpiis. Seminibus in fructu pluribus, quibus est conceptaculum carnosum, bacca aut pomum. *(z. B. Cucurbitaceen, Solaneen, Asparagus, Ruscus, Arum.)*

V. Solitariis vasculis. Seminibus in fructu pluribus quibus est conceptaculum e sicca materia. *(z. B.* Verschiedene *Leguminosen, Caryophylleen. Gentianeen u. a.)*

VI. Binis seminibus. Semina sub singulo flosculo invicem conjuncta, ut unicum videantur ante maturitatem; cor in parte superiore, qua flos insidet. Flores in umbella (Familie der *Umbelliferen).*

VII. Binis conceptaculis. *(z. B. Mercurialis, Poterium, Galium, Orobanche, Hyoscyamus, Nicotiana, Cruciferen.)*

VIII. Triplici principio (Fruchtknoten) non bulbosae. Semina trifariam distributa; corde infra sito, radix non bulbosa. *(z. B. Thalictrum. Euphorbia, Convolvulus, Viola.)*

IX. Triplici principio bulbosae. Semina trifariam distributa; corde infra sito, radix bulbosa. (Großblüthige *Monocotylen.)*

X. Quaternis seminibus. Semina quatuor nuda in communi sede. (Enthält *Borragineen* und *Labiaten.)*

XI. Pluribus seminibus, anthemides. Semina nuda plurima, cor seminis interius vergens; flos communis distributus per partes in apicibus singuli seminis (enthält nur *Compositen)*.

XII. Pluribus seminibus cichoraceae aut acanaceae. Semina nuda plurima, cor seminis inferius vergit, flos communis distributus per partes in apicibus singuli seminis. (Enthält neben *Compositen* auch *Eryngium* und *Scabiosa.)*

XIII. Pluribus seminibus, flore communi. Semina solitaria plurima; corde interius flos communis, non distributus inferius circa fructum (enthält z. B. *Ranunculus*, *Alisma*, *Sanicula*, *Geranium*, *Linum.)*

XIV. Pluribus folliculis. Semina plura in singulo folliculo *(z. B. Oxalis*, *Gossypium*, *Aristolochia*, *Capparis*, *Nymphaea*, *Veratrum u. s. w.)*

XV. Flore fructuque carentes. *(Filices*, *Equiseta*, *Musci incl.* der Corallen, *Fungi.)*

Schon die den Diagnosen von mir angehängten Beispiele zeigen, daß abgesehen von der sechsten, zehnten und fünfzehnten Classe keine einzige der übrigen einer natürlichen Gruppe des Pflanzenreiches vollständig entspricht. Die Mehrzahl der Classen enthält je eine Sammlung des Allerverschiedensten und was schlimmer ist, die schon bei Lobelius und später bei Bauhin beinahe vollständig durchgeführte Trennung der Monocotylen und Dicotylen ist hier beinahe ganz verwischt: die neunte Classe enthält allerdings nur Monocotylen, aber nicht alle. Nach so beträchtlichen Anstrengungen eines so geschulten Verstandes, wie ihn Caesalpin sicherlich besaß, ist das Resultat ein höchst unbefriedigendes. Es ist nicht eine einzige neue Verwandtschaftsgruppe nachgewiesen, die nicht schon in den Kräuterbüchern der Deutschen und Niederländer hervortritt. Es liegt eben in der Natur des natürlichen Systems, daß es sich bis zu einem gewissen Grade leichter der instinktiven Wahrnehmung als dem kritischen Verstande offenbart. Bei Caesalpin, wie wir oben gesehen haben, trat mit vollem klaren Bewußtsein das Streben hervor, im System die natürlichen Verwandtschaften zum Ausdruck zu bringen und das Resultat war schließlich eine Reihe höchst unnatürlicher Gruppen, deren fast jede eine wahre Musterkarte

der verschiedensten Pflanzen enthält. Die Ursache dieser anscheinend so merkwürdigen Erscheinung aber liegt darin, daß Caesalpin aus a priori abgeleiteten Gründen die Merkmale glaubte bestimmen zu können, nach denen sich die natürlichen Verwandtschaften richten. Eine beinahe 300jährige ununterbrochene Arbeit, welche immer wieder von demselben Grundsatz ausging oder factisch doch in dieser Weise sich bethätigte, hat den inductiven Beweis geliefert, daß der von Caesalpin eingeschlagene Weg ein Irrweg ist. Wenn dennoch bei der Verfolgung desselben bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts die natürlichen Verwandtschaftsgruppen immer deutlicher hervortreten, so geschah es, weil eben auch der auf einem Irrweg Begriffene nach und nach die Gegend, in welcher er umherirrt, immer besser kennen lernt und endlich ahnt, welcher Weg der richtige gewesen sein würde.

Joachim Jungius [1]) wurde 1587 in Lübeck geboren und starb nach einem vielbewegten Leben 1657. Er war ein Zeitgenosse Keppler's, Galilaei's, Vesal's, Bakon's, Gassendi's und Descarte's. Nachdem er in Gießen bereits Professor gewesen, wandte er sich in Rostock dem Studium der Medizin zu, ging 1618—1619 nach Padua und lernte dort, wie wir mit Bestimmtheit annehmen dürfen, die botanischen Lehren des bereits 15 Jahre vorher verstorbenen Caesalpin kennen. Nach Deutschland zurückgekehrt, bekleidete Jungius während der nächsten zehn Jahre verschiedene Professuren in Lübeck und Helmstätt und wurde 1629 Rector des Johanneums in Hamburg. Seine wissenschaftliche Thätigkeit umfaßte die verschiedensten Gebiete, vorwiegend das der Philosophie, in welcher er als Gegner der Scholastik und des Aristoteles auftrat; ferner die Mathematik, Physik, Mineralogie, Zoologie und Botanik. In allen diesen Richtungen verhielt er sich nicht blos receptiv und lehrend, sondern vor Allem kritisch sichtend und

[1]) Vergl. seine Biographie von Guhrauer: Joachim Jungius und sein Zeitalter, Tübingen 1850. Ueber seine Bedeutung als Philosoph vergl. Ueberweg, Geschichte der Philosophie 1898 III. p. 119, wo Jungius als Vorgänger Leibnitzen's bezeichnet wird.

sogar, was die Botanik betrifft, in reichem Maße productiv. Wie Caesalpin in Italien, so war Jungius in Deutschland der Erste, welcher philosophisch geschultes Denken mit genauer Beobachtung der Pflanzen zu verbinden wußte.

Die Früchte seiner botanischen Studien kamen jedoch zunächst nur seinen eigentlichen Schülern zu gut, da der vielbeschäftigte und nach immer weiterer Vollendung seiner Forschung strebende Mann selbst Nichts publicirte. Aus einem handschriftlichen Nachlaß von ungeheurem Umfang gab erst 1662 sein Schüler Martin Fogel die Doxoscopiae physicae minores heraus und erst 1678 erschien die Isagoge phytoscopica durch einen anderen seiner Schüler Johann Vagetius. Eine Abschrift seiner botanischen Dictate kam jedoch, wie Ray erzählt, schon 1660 nach England. Die Doxoscopiae enthalten sehr zahlreiche abgerissene Bemerkungen über einzelne Pflanzen, ihre genaue Unterscheidung von anderen, Sätze über die Methoden und Principien botanischer Forschung; dieß Alles in Form von Aphorismen, die er gelegentlich zu Papier brachte. Zahl und Inhalt derselben zeigen, wie angelegentlich sich Jungius auch mit der Einzelkenntniß der Pflanzenarten beschäftigte; er äußerte sich dort mißbilligend darüber, daß viele Botaniker mehr Mühe darauf verwenden, unbekannte Pflanzen an's Licht zu ziehen, als dieselben sorgfältig auf ihre wahren Gattungen nach logischen Gesetzen durch specifische Differenzen zurückzuführen. Er war der Erste, der es wagte, die altherkömmliche Eintheilung der Pflanzen in Bäume und Kräuter als das Wesen nicht treffend zu bemängeln. Wie fest aber dieses alte Dogma saß, zeigt sich besonders darin, daß Ray am Ende des Jahrhunderts, obgleich er seiner theoretischen Botanik die Isagoge des Jungius zu Grunde legte, die Eintheilung in Kräuter und Bäume doch beibehielt. Sehr weit ging Jungius schon über Caesalpin und seine eigenen Zeitgenossen hinaus, indem er wiederholt die generatio spontanea bezweifelte.

Wichtiger und von nachhaltigerer Wirkung für die Geschichte der Botanik war jedoch seine Isagoge phytoscopica, welche in

gedrängter Kürze und in Form von Lehrsätzen streng logisch geordnet ein System der theoretischen Botanik vorträgt. Wir müssen auf den Inhalt dieser Schrift schon deßhalb näher eingehen, weil in ihr die Grundlage der späteren Linné'schen Nomenclatur der Pflanzentheile enthalten ist. Da der ganze Inhalt der Isagoge mit gesperrter Schrift unter ausdrücklicher Nennung der Quelle in Ray's historia plantarum angeführt ist, so unterliegt es gar keinem Zweifel, daß Linné die Lehren des Jungius schon in seiner Jugend, jedenfalls vor 1738, genau kennen gelernt hat. Es ist aber eben so wichtig für die Kenntniß der Geschichte zu wissen, daß die Nomenclatur Linné's sich ganz wesentlich auf Jungius stützt, wie zu erfahren, daß die allgemeinsten philosophischen Sätze botanischen Inhalts bei Linné aus Caesalpin stammen. Zudem wird in der Geschichte der Lehre von der Sexualität ausführlich nachgewiesen werden, daß es Rudolph Jakob Camerarius war, auf welchen seine Kenntniß der Sexualität zurückzuführen ist.

Das erste Capitel der Isagoge behandelt die Unterscheidung der Pflanzen von den Thieren. Die Pflanze ist nach Jungius ein lebender, nicht empfindender Körper; oder sie ist ein an einen bestimmten Ort, oder eine bestimmte Unterlage befestigter Körper, von wo aus sie sich ernähren, wachsen und fortpflanzen kann. Die Pflanze ernährt sich, insofern sie die aufgenommene Nahrung in Substanz ihrer Theile umwandelt, um dasjenige zu ersetzen, was von der Eigenwärme und dem innern Feuer verflüchtigt worden ist. Eine Pflanze wächst, wenn sie mehr Substanz ansetzt, als verflüchtigt worden ist, sie wird dabei größer und bildet neue Theile. Das Wachsthum der Pflanze unterscheidet sich aber von dem der Thiere dadurch, daß nicht alle Theile gleichzeitig wachsen, denn Blätter und Sprosse hören, sobald sie reif geworden sind, auf zu wachsen; dann aber werden neue Blätter, Sprosse und Blüthen erzeugt. — Man sage von einer Pflanze, sie pflanze sich fort, wenn sie eine ihr specifisch ähnliche erzeugt; dieß sei die breitere Fassung des Begriffs. Wir sehen auch hier wie bei Caesalpin, daß der Speciesbegriff

mit dem der Fortpflanzung verbunden wird. Das zweite Capitel behandelt unter dem Titel plantae partitio die wichtigsten morphologischen Verhältnisse der äußeren Gliederung; hier behält Jungius im Wesentlichen die Caesalpin'sche Anschauungsweise bei, wonach der ganze Pflanzenkörper (nachdem die niedersten Pflanzen ausgeschlossen sind) in zwei Hauptheile, Wurzel als nahrungaufnehmendes Organ und oberirdischen Stengel als Träger der Fructification, eingetheilt wird. Auch Jungius hebt die Grenze beider Theile, Caesalpin's cor, doch unter dem Namen fundus plantae besonders hervor.

Der obere Theil oder ein Theil desselben ist entweder ein Stengel, ein Blatt, eine Blüthe, eine Frucht oder ein Gebilde von secundärer Bedeutung wie die Haare und die Dornen. — Sehr merkwürdig ist seine Definition des Stengels und des Blattes: der Stengel, sagt er, ist derjenige obere Theil, welcher in der Weise in die Höhe gestreckt ist, daß darin eine Hinter- und Vorderseite, eine rechte und linke sich nicht unterscheiden. Blatt ist, was von seinem Ursprungsort aus so in die Höhe oder in die Länge und Breite sich ausdehnt, daß die Grenzen der dritten Dimension unter sich verschieden sind, so also, daß die äußere und innere Oberfläche des Blattes verschieden organisirt sind. Die innere Seite des Blattes, welche auch als Oberseite bezeichnet wird, ist die nach dem Stengel hinsehende und deßhalb behält sie auch eine Concavität, oder sie ist weniger convex als die andere. Wichtig für jene Zeit ist die Folgerung, das zusammengesetzte Blatt werde von unerfahrenen oder nachläßigen Beobachtern für einen Zweig gehalten, es sei aber leicht dadurch zu unterscheiden, daß es eine innere und äußere Oberfläche wie das einfache Blatt besitzt und daß es gleich diesem im Herbst als Ganzes abfällt. Difformiter foliata nennt er eine Pflanze, deren Blätter am Grunde des Stengels von den Höherstehenden sich auffallend unterscheiden, ein Satz, den Göthe (in seinem Fragment bei Guhrauer) gründlich mißverstanden zu haben scheint.

Nachdem in Verbindung mit jenen allgemeinen Definitionen

die verschiedenen Formen des Stammes und der Verzweigung, sowie die Verschiedenheiten der Blätter hervorgehoben und mit bezeichnenden Namen belegt worden sind, Namen, die auch jetzt noch zum großen Theile gelten, behandelt das vierte Capitel die Gliederung des Stengels in Internodien; wenn der Stengel oder Zweig, sagt Jungius, als ein prismatischer Körper betrachtet wird, so ist die Abgliederung nämlich die Stelle, wo ein Zweig oder ein Blattstiel entspringt, als ein Querschnitt aufzufassen, parallel der Basis des Prismas. Diese Stelle nun wird, wenn sie protuberirt, ein Knie oder Knoten genannt u. s. w. und was zwischen zwei solchen Stellen liegt, ist ein Internodium.

Es ist unmöglich, die zahlreichen vortrefflichen Einzelheiten, die nun weiter folgen, vorzuführen, doch mögen noch einige Bemerkungen über die Blüthentheorie von Jungius folgen, die er im 13. bis 27. Capitel sehr ausführlich behandelt. Sie leidet, wie bei Caesalpin, durch die vollständige Unkenntniß der Sexualität der Pflanzen, wodurch eine irgend genügende Definition des Begriffes Blüthe unmöglich wird. Ganz wie Caesalpin bringt daher auch Jungius die Fruchtanlage in Gegensatz zur Blüthe, statt sie als einen Theil derselben zu betrachten. Die Blüthe ist ihm ein zarterer Theil der Pflanze, durch Färbung und Form oder durch beides ausgezeichnet, der mit der Fruchtanlage zusammenhängt. Auch darin lehnt sich Jungius gleich allen Botanikern bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts an Caesalpin an, daß er unter Frucht sowohl den vermeintlich nackten Samen (trockene Schließfrucht) als auch einen Samenbehälter versteht. Im Gegensatz zu Caesalpin bezeichnet er die Staubfäden als stamina, den Griffel als stilus, die Blumenkrone heißt aber auch bei ihm folium. Vollständig nennt er eine Blüthe nur dann, wenn sie alle diese drei Theile besitzt. Weiterhin werden nun die Form- nnd Zahlenverhältnisse der Blüthentheile definirt und unter Anderem die erste richtige Ansicht von der Bedeutung des Blüthenköpfchens der Compositen, welches Caesalpin ganz verkannt hatte, vor-

5*

getragen, auch die Blüthenstände, ferner die oberständigen und unterständigen Blüthen, die schon Caesalpin unterschieden hatte, werden genauer betrachtet. In der Theorie des Samens lehnt sich Jungius an Caesalpin an, ohne jedoch Neues zu bieten.

Das wesentlich Auszeichnende in dieser theoretischen Botanik des Jungius und der große Fortschritt, den er dabei über Caesalpin hinaus gemacht hat, liegt darin, daß er die Morphologie soweit als irgend möglich unabhängig von allen physiologischen Fragen behandelt, daher auch teleologische Deutungen bei ihm ganz zurücktreten. Es sind die Gestaltverhältnisse an sich, welche Jungius ins Auge faßt; die Behandlung ist dabei eine wesentlich vergleichende, das ganze ihm bekannte Pflanzenreich umfassend. Jungius hatte sicherlich von Caesalpin sehr viel gelernt: indem er sich aber wenigstens von den gröberen Verirrungen der aristotelischen Philosophie und der Scholastik frei machte, gelang es ihm, die Gestaltungsgesetze der Pflanzen viel unbefangener als jener aufzufassen. Wie ihm dabei seine mathematische Begabung zu Hilfe kam, ist leicht aus seinen oben angeführten, die Symmetrie der Stamm- und Blattgebilde hervorhebenden Definitonen zu entnehmen. Bis auf die Zeit, wo Schleiden und Nägeli die Entwicklungsgeschichte in die Morphologie einführten, sind tiefere und treffendere Definitionen nicht gegeben worden.

Standen Caesalpin, Caspar Bauhin und Jungius jeder in seinem Zeitalter einsam da, so beginnt dagegen in den drei letzten Jahrzehnten des 17. Jahrhunderts wieder eine regere Thätigkeit gleichzeitig lebender Botaniker. Wie in diesem Zeitraum die Physik durch Newton, die Philosophie durch Locke und Leibnitz, die Anatomie und Physiologie der Pflanzen durch Malpighi und Grew einen raschen Aufschwung nahmen, so wurde auch, wenn auch keineswegs in demselben Maße und mit derselben Vertiefung, die Systematik durch Morison, Ray, Rivinus und Tournefort gefördert. Die rasch aufeinander folgenden theilweise chronologisch in einander verschränkten Arbeiten dieser Männer und ihrer minder begabten Anhänger riefen einen

Meinungsaustausch, zum Theil polemische Schriften hervor, wie solche auf dem Gebiete der Botanik noch nicht stattgefunden hatten; die Literatur kam in Fluß und gewann an Lebhaftigkeit und nachhaltigerem Interesse, welches sich auch über weitere Kreise, als die der Fachmänner verbreitete. Indem die genannten Systematiker auch zugleich die Formenlehre und Nomenclatur der Theile auszubilden suchten, fanden sie bereits einen beträchtlichen Vorrath von Beobachtungen und Gedanken vor, welche sie aus den Werken der Vorgänger zu weiterer Verarbeitung übernahmen. Abgesehen von der bereits sehr großen Zahl von Einzelbeschreibungen, welche sich seit Fuchs und Bock angehäuft hatten, war die Thatsache der natürlichen Verwandtschaft durch den Pinax des Caspar Bauhin als das Fundament der natürlichen Systematik erkannt; Caesalpin hatte auf die Fructifications-Organe als auf die für das System werthvollsten hingewiesen und Jungius an die Stelle bloßer Namenerklärungen die Anfänge einer auf Vergleichung beruhenden Morphologie gesetzt. Die Botaniker in den letzten drei Decennien des 17. Jahrhunderts mußten erkennen, daß die von Lobelius und Bauhin aufgestellten Verwandtschaftsreihen auf dem von Caesalpin betretenen Wege durch a priori festgestellte Merkmale nicht charakterisirt und nicht zu einem wohlgegliederten System ausgebildet werden können. Indem sie es aber besser zu machen suchten, behielten sie doch dem Princip nach das Verfahren Caesalpin's bei; nur glaubten sie die a priori festgesetzten Eintheilungsgründe nicht wie dieser vorwiegend von der Organisation des Samens und der Frucht, sondern von anderen Blüthentheilen hernehmen zu müssen: man versuchte es aus den Verschiedenheiten der Blumenkrone, des Kelches, des Habitus Systeme abzuleiten, aus denen die natürliche Verwandtschaft erkannt werden sollte. War schon das Mittel selbst verfehlt, so wurde auch der Zweck nicht klar und bestimmt festgehalten; vielmehr wünschte man durch die Aufstellung eines Systems auch eine Erleichterung für eine möglichst reichhaltige Einzelkenntniß zu gewinnen; die immer drückender werdende Last, welche man sich

durch die unverständige Forderung aufbürdete, daß jeder Botaniker alle beschriebenen Pflanzen kennen müsse, drängte selbstverständlich dahin, durch die systematische Anordnung eine Erleichterung zu suchen. Allein die übermäßige Beschäftigung mit der Einzelbeschreibung ließ eine gründliche, nachhaltige und fruchtbare Beschäftigung mit den Grundlagen des Systems nicht aufkommen, ja sie verdarb sogar die Befähigung zu den sehr schwierigen Verstandesoperationen, aus denen ein wirklich natürliches System mit wissenschaftlicher Begründung allein hervorgehen kann; man sah, um es vulgär auszudrücken, schließlich den Wald vor lauter Bäumen nicht. Vor Allem wurde die von Jungius begründete Morphologie, wenn auch beachtet und benutzt, doch nicht in dem Grade gefördert, daß sie zur Grundlage des Systems in seinen großartigeren Zügen sich geeignet hätte, ein Vorwurf, der übrigens den Systematikern mit wenigen Ausnahmen auch der folgenden 100 Jahre gemacht werden muß. Wie konnte es den Botanikern des 17. Jahrhunderts gelingen, die größeren Verwandtschaftskreise richtig zu erkennen, wenn man die von Jungius bereits beseitigte, jeder konsequenten Formenlehre widersprechende alte Eintheilung in Bäume und Kräuter beibehielt, wenn man so wenig Sorgfalt auf den Bau des Samens und der Frucht verwendete, daß man ganz allgemein die trocknen Schließfrüchte für nackte Samen ansah und dergleichen mehr. Wurde solchergestalt Nichts principiell Neues in die Systematik eingeführt, so wurde doch indessen manches Gute im Einzelnen geleistet. Indem man verschiedene Systeme aufstellte, mußte sich mehr und mehr zeigen, welche Merkmale bei der Umgrenzung der natürlichen Gruppen unzulässig sind, immer schärfer mußte auf diesem empirischen Wege der Widerspruch zwischen der Methode und dem Zweck der Systematik hervortreten, so daß später Linné denselben ganz deutlich erkennen konnte, womit allerdings sehr viel gewonnen war.

Es würde die Darstellung nur verdunkeln, wenn ich hier die zahlreichen Botaniker Englands, Frankreichs, Italiens, Deutschlands und der Niederlande sämmtlich in Betracht ziehen wollte; viel klarer tritt vielmehr das geschichtlich Wichtige hervor, wenn

ich diejenigen allein hervorhebe, welche die Systematik wirklich bereichert haben. Wer eine genauere Kenntniß aller Systeme, welche bis auf Linné erschienen sind, wünscht, wird eine meisterhafte Darstellung in Linné's Classes plantarum, eine beachtenswerthe auch in der Histoire de la Botanique de Michel Adanson, Paris 1864 finden. Unserem Zweck genügt es, die Leistungen der oben genannten vier Männer näher zu betrachten.

Robert Morison (geboren 1620 zu Aberdeen, gestorben zu London 1683)[1]), war seit Caesalpin und Bauhin wieder der Erste, der sich der systematischen Botanik, d. h. der Begründung und dem Ausbau des Systems widmete. Ihm wurde von seinen Zeitgenossen und Nachfolgern der Vorwurf gemacht, als habe er den Caesalpin abgeschrieben, ohne ihn zu nennen; dies war Uebertreibung; Morison eröffnete seine Thätigkeit als Systematiker mit einer sorgfältigen Kritik von Caspar Bauhin's Pinax; dort holte er seine Vorstellungen von der natürlichen Verwandtschaft der Pflanzen, und wenn er später sein eigenes System vorwiegend auf die Fruchtformen gründete, so geschah dieß doch in einer von Caesalpin weit abweichenden Weise und Linné beseitigt den obengenannten Vorwurf mit der treffenden Bemerkung, Morison weiche gerade soweit von Caesalpin ab, als er diesem in der Reinheit der Methode untergeordnet sei. Im Jahre 1669 erschien sein mit dem charakteristischen Titel versehenes Werk: Hallucinationes Caspari Bauhini in Pinace tam in digerendis quam denominandis plantis, welches Haller mit Recht ein invidiosum opus nennt; denn wie es zu allen Zeiten Schriftsteller gibt, welche das Gute und Bedeutende ihrer Vorgänger als etwas Selbstverständliches

---

[1]) Morison diente gegen Cromwell im königl. Herr und ging, nachdem jener gesiegt, nach Frankreich, wo er zu Paris unter Robin sich der Botanik widmete. 1660 wurde er Leibarzt Karls II. und Professor der Botanik, zehn Jahre später Professor zu Oxford (K. Sprengel, Gesch. der Bot. II. p. 30.)

undankbar aufnehmen, gleichzeitig aber jeden kleinen Fehler, den sich der Schöpfer einer großen Idee zu Schulden kommen läßt, mit widerwärtiger Schadenfreude hervorheben, so hat auch Morison kein Wort der Anerkennung für die im Pinax vorliegende große Leistung; eine Anerkennung, die um so nöthiger gewesen wäre, als er eben darauf ausging, die zahlreichen Fehler bezüglich der Verwandtschaftsverhältnisse im Pinax aufzudecken. Auch vermuthet Kurt Sprengel (Geschichte II. p. 30) wohl mit Recht, daß ihm des Jungius Handschrift, welche 1661 durch Hartlieb dem Ray mitgetheilt worden war, nicht unbekannt geblieben ist; und in dieser konnte er allerdings sehr Vieles finden, was zu seinem Vorhaben paßte. Die Hallucinationes sagt Sprengel treffend, sind eine gründliche Kritik der Anordnung der Pflanzen, welche die Bauhine gewählt hatten. Indem er den Pinax Seite für Seite durchgeht, zeigt er, welche Pflanzen dort eine falsche Stelle einnehmen. Es sei gewiß, daß Morison den ersten Grund zu einer bessern Anordnung und zu einer richtigeren Charakteristik der Gattungen und Arten gelegt habe.

Einen beträchtlichen Fortschritt zeigt seine Plantarum umbelliferarum distributio nova, Oxford 1672, die erste Monographie, welche in der Absicht unternommen wurde, innerhalb einer einzelnen großen Familie systematische Grundsätze streng durchzuführen. Die sehr verwickelte Eintheilung wird hier ausschließlich auf die äußere Form der Frucht, die er natürlich als Samen bezeichnet, gegründet. Es ist aber das erste Werk, in welchem die systematische Darstellung nicht mehr von der älteren Anordnung in Bücher und Capitel verdeckt, wo vielmehr eine größere Uebersichtlichkeit schon durch die typographische Behandlung erreicht wird, worin ihm allerdings Lobelius 100 Jahre früher mit sehr schwachen Anfängen vorausgegangen war. Auch sucht er die systematischen Beziehungen innerhalb dieser Familie durch lineare Darstellungen zu veranschaulichen; gewissermaßen die erste Ahnung dessen, was wir jetzt einen Stammbaum nennen würden, jedenfalls aber ein Beweis, wie lebhaft Morison

die verwandtschaftlichen Verhältnisse auffaßte, freilich nicht nur, wie es auf dem Titel heißt ex libro naturae, sondern, dem Princip nach, gestützt auf Bauhin. Die Unfähigkeit Morison's, das Verdienst seiner Vorgänger zu würdigen und da, wo er einen Schritt vorwärts that, zu glauben, der Weg sei vor ihm nie betreten worden, verräth sich auch in diesem Buche, zu dessen Verdiensten übrigens noch gehört, daß es zuerst sorgfältige Darstellungen einzelner Pflanzentheile und zwar in Kupfer [1]) gestochen enthält. 1680 erschienen die ersten Bände seiner historia plantarum universalis Oxoniensis, deren dritter Theil nach seinem Tode 1699 von Bobart herausgegeben wurde, eine Sammlung der meisten damals bekannten Pflanzen und einer großen Zahl neu beschriebener; die systematische Anordnung derselben findet sich in Linné's Classes plantarum reproducirt. Wenn auch Morison in seiner Kritik des Bauhin einen beträchtlichen Scharfsinn innerhalb engerer Verwandtschaftskreise verräth, so zeigt dagegen sein universales System für die Verwandtschaftsbeziehungen im Großen nur äußerst geringen Sinne selbst in kleineren Abtheilungen findet sich das Allerverschiedenste beisammen; so enthält z. B. die letzte Classe seiner Bacciferae Gattungen wie Solanum, Paris, Podophyllum, Sambucus, Convallaria, Cyclamen, ein Resultat, welches um so mehr überrascht, als sich Morison nicht streng logisch wie Caesalpin nur an einzelne bestimmte Merkmale hält, sondern auch den Habitus mitberücksichtigt. Im Ganzen steht seine systematische Uebersicht als Ausdruck natürlicher Verwandtschaften hinter der des Lobelius und Bauhin zurück.

Das Verdienst Morison's lag in der That weniger in der Qualität seiner Leistungen, als vielmehr darin, daß er zuerst wieder der Systematik eine umfassende Bearbeitung zuwendete;

---

[1]) Der Holzschnitt des 16. Jahrhunderts war längst in Verfall gerathen, der Kupferstich an seine Stelle getreten und schon am Anfang des 17. Jahrhunderts war ein dicker Band von Pflanzenbildern im größten Folioformat in Kupfer gestochen als hortus Eistädtenis herausgekommen.

übrigens blieb die Zahl seiner unmittelbaren Anhänger gering: von Deutschen waren es nur Paul Ammann, Professor in Leipzig, der in seinem Character plantarum naturalis 1685 die Ansichten Morison's vertrat und Paul Herrmann, 1679—95 Professor in Leyden, nachdem er acht Jahre lang in Ceylon Pflanzen gesammelt hatte; sein System kann kaum eine Verbesserung des Morison'schen genannt werden.

Im Gegensatz zu Morison wußte John Ray (1628 bis 1705)[1]) aus den Werken seiner Vorgänger alles Gute und Richtige nicht nur aufzunehmen, kritisch zu sichten und durch eigene Beobachtungen zu vervollständigen, sondern auch die Verdienste anderer freudig anzuerkennen, eigene und fremde Leistungen zu einem harmonischen Ganzen zu verschmelzen. Unter seinen zahlreichen botanischen Werken tritt dieß besonders in seiner umfangreichen drei Foliobände umfassenden Historia plantarum (1686—1704 ohne Bilder)[2]) hervor. Das Werk enthält eine Zusammenstellung aller bis dahin bekannten Einzelbeschreibungen; dem ersten Bande aber geht eine 58 Seiten lange Darstellung der allgemeinen Botanik voraus, welche in gewöhnlichem Format gedruckt schon für sich einen kleinen Band bilden würde und die ganze theoretische Botanik ungefähr in der Form eines modernen Lehrbuches behandelt. Wenn darin auch Morphologie, Anatomie und Physiologie, in welch' letzteren er sich auf Malpighi und Grew stützt, nicht streng gesondert vorgetragen werden, so ist es doch leicht, das Morphologische auszusondern und die Theorie der Systematik ist in der That gesondert dargestellt. Die von der Morphologie handelnden Capitel sind am Eingang jedesmal

---

[1]) J. Ray (Rajus) zu Black Notlay in Essex geb. leistete auch in der Zoologie Bedeutendes. Nachdem er Theologie studirt und in England wie auf dem Continent Reisen gemacht, lebte er von einer Pension Willoughbys ohne Amt ganz seinen Arbeiten (vergl. Carus Gesch. der Zoologie p. 428).

[2]) Mir liegt Band I. vom Jahre 1693 vor; vergl. Pritzel's Anmerkung im Thes. lit. bot.

mit den betreffenden Definitionen des Jungius versehen, an welche sich das Weitere in ergänzender, ausführender und kritischer Behandlung anschließt. Mit Uebergehung des bloß Referirten und des anatomisch-physiologischen Inhalts will ich hier nur einige der wichtigeren Ergebnisse seines eigenen systematischen Denkens anführen. Vor Allem ergriff Ray den von Grew sehr ungeschickt aufgefaßten Gedanken einer im Pflanzenreich herrschenden Sexualität (die Untersuchungen des Camerarius waren damals noch unbekannt), wodurch für ihn, wenn auch noch in unklarer Weise die Blüthe eine andere Bedeutung als für seine Vorgänger annahm. Deutlicher als bei Caesalpin finden wir bei Ray die Wahrnehmung, daß in vielen Samen außer dem Keime noch eine pulpa oder medulla, nämlich das jetzt sogenannte Endosperm enthalten ist und daß der Embryo im Samen nicht immer zwei Cotyledonen besitzt, daß vielmehr in anderen Fällen nur ein Keimblatt oder keines vorhanden ist. Indessen wurde ihm der Unterschied, wie wir ihn jetzt durch die Worte dikotyler und monokotyler Embryo ausdrücken, noch nicht ganz klar; trotzdem erwarb sich Ray das große Verdienst auf diese Differenz der Embryobildung das natürliche System zum Theil zu gründen. Ueberhaupt tritt bei ihm lebhafter, als bei irgend einem Systematiker vor Jussieu die Befähigung hervor, die größeren Verwandtschaftskreise des Pflanzenreichs als solche aufzufassen und durch gewisse Merkmale zu charakterisiren, indem er diese jedoch nicht a priori aufstellt, sondern sie aus den erkannten Verwandtschaftsverhältnissen ableitet; dieß gilt aber nur in der Hauptsache, denn im Einzelnen läßt auch er sich zahlreiche und schwere Verstöße gegen diese Methode zu Schulden kommen, wie wir weiter unten bei der Aufzählung seiner Classen sehen werden. Es ist in neuester Zeit wiederholt Ray das Verdienst zugeschrieben worden, er habe zuerst die Transmutation der Species gelehrt und sei somit zu den Begründern der Descendenztheorie zu rechnen. Sehen wir, was an dieser Behauptung Wahres ist. Obgleich Pflanzen, sagt Ray, welche von demselben Samen abstammen und ihre Species wieder durch Samen fortpflanzen, zu derselben

Species gehören, so könne es doch vorkommen, daß der spezifische Charakter nicht perpetuirlich und infallibel ist. Es können Samen zuweilen degeneriren und Pflanzen hervorbringen, welche von der Mutterpflanze specifisch verschieden sind, wenn dieß auch nur selten geschieht; und so gebe es eine Transmutation der Species, wie die Erfahrung lehrt. Zwar hielt er die Angaben verschiedener Schriftsteller, nach denen Triticum in Lolium, Sisymbrium in Mentha, Zea in Triticum u. s. w. sich umwandeln solle, für sehr zweifelhaft, doch gebe es andere Fälle, welche durchaus gewiß sind; so habe ein Gärtner in London nach gerichtlichem Ausweis Samen von Blumenkohl verkauft, der dann aber nur gemeinen Kohl hervorgebracht habe. Zu beachten sei jedoch, daß solche Transmutationen nur zwischen nahe verwandten und derselben Gattung angehörigen Species vorkommen und Manche, sagt er, würden vielleicht nicht einräumen, daß solche Pflanzen specifisch verschieden sind. — Mir scheint nun in diesen Worten, zumal wenn man sie in Zusammenhang mit allem Uebrigen auffaßt, nicht mehr zu liegen, als die Ansicht, daß innerhalb enger Verwandtschaft besonders bei Culturpflanzen gewisse und unbeträchtliche Variationen möglich sind. Auch spricht Ray nicht von der Entstehung neuer Pflanzenformen, sondern davon, daß sich eine bekannte Form in eine andere schon vorhandene und bekannte Form umwandelt, also das Gegentheil dessen, was die Descendenztheorie verlangt.

Bei seiner Entwicklung der Principien der Systematik stoßen wir unter Anderem auf einen folgeschweren Irrthum in der Anwendung des Satzes: natura non facit saltus, insoferne derselbe so aufgefaßt wird, als ob alle Verwandtschaftsverhältnisse sich in einer geradlinigen Reihe darstellen müßten, ein Irrthum, der die natürliche Systematik bis in unser Jahrhundert herein vielfach irre geführt hat und erst von Pyrame Decandolle als Irrthum erkannt wurde; daß der Satz auch dann giltig bleibt, wenn die Verwandtschaftsverhältnisse in Form verzweigter Reihen, also nach Art eines Stammbaumes sich ordnen, wurde übersehen. Viel besser ist Ray's Bemerkung, daß eine richtige

Aufstellung des Systems vorerst deßhalb unmöglich sei, weil man die Differenzen und Uebereinstimmungen der Formen noch nicht hinreichend kenne und seine Bemerkung, daß die Natur sich nicht in die Fesseln einer bestimmten Methode zwingen lasse, zeigt schon bei Ray das Aufdämmern derselben Erkenntniß, welche später bei Linné zu einer strengen Sonderung der natürlichen und künstlichen Systeme führte.

Nach den sehr verständigen und einsichtigen Aeußerungen über die Bedeutung und Methode der Systematik erregt es nicht geringe Verwunderung, auch bei Ray wieder die Eintheilung in Holzpflanzen und Kräuter in den Vordergrund gestellt zu sehen; die Sache wird dadurch um Nichts besser, daß er das charakteristische der Bäume und Sträucher in der Bildung von Knospen, nämlich scharf abgegrenzter Winterknospen findet, was zudem nicht richtig ist. Doch fühlt man sich für diesen schweren Mißgriff einigermaßen dadurch entschädigt, daß er nun sowohl die Bäume, wie die Kräuter in solche mit zweiblättrigem und solche mit einblättrigem oder blattlosem Embryo, also nach unserer Sprechweise in Dikotyledonen und Monokotyledonen eintheilt. Unzweifelhaft ist Ray's System in der vorlinnéischen Zeit dasjenige, welches den natürlichen Verwandtschaften am vollständigsten Rechnung trägt; um den Fortschritt seit Caesalpin zu zeigen, mag daher eine Uebersicht seiner Classen folgen: In Klammern setze ich die Linné'schen Namen einiger in den betreffenden Klassen untergebrachten Gattungen bei:

A. Plantae gemmis carentes *(herbae)*

a. Imperfectae

I. Plantae submarinae (meist *Polypen*, *Fucus*)

II. Fungi.

III. Musci *(Conferven, Moose, Lycopodien)*.

IV. Capillares (*Farne* auch *Lemna* und *Equisetum*).

b. Perfectae

Dicotyledones (*binis cotyledonibus*)

V. Apetalae

VI. Planipetalae lactescentes

VII. Discoideae semine paposo

VIII. Corymbiferae
IX. Capitalae (*VI—IX* sind *Compositen*)
X. Semine nudo solitario (*Valerianeen Mirabilis, Thesium* u. a.)
XI. Umbelliferae
XII. Stellatae
XIII. Asperifoliae
XIV. Verticillatae (*Labiaten*)
XV. Semine nudo polyspermo (*Ranunculus, Rosa, Alisma!*)
XVI. Pomiferae (*Cucurbitaceen*).
XVII. Bacciferae (*Rubus, Smilax, Bryonia, Solanum, Menyanthes*)
XVIII. Multisiliquae (*Sedum, Helleboreen, Butomus, Asclepias*)
XIX. Vasculiferae monopetalae (allerlei)
XX. Vasculiferae dipetalae (allerlei)
XXI. Tetrapetalae siliquosae (*Cruciferen, Ruta, Monotropa*)
XXII. Leguminosae
XXIII. Pentapetalae vasculiferae enangiospermae (allerlei)
Monocotyledones (*singulis aut nullis cotyledonibus*)
XXIV. Graminifoliae floriferae vasculo tricapsulari (*Liliaceen, Orchideen, Zingiberaceen*)
XXV. Stamineae (*Gräser*)
XXVI. Anomalae incertae sedis.

B. **Plantae gemmiferae** (*arbores*)

a. Monokotyledones

XXVII. Arbores arundinaceae (*Palmen, Dracaena*)

b. Dicotyledones

XXVIII. Arbores flore a fructu remoto seu apetalae (*Coniferen* und allerlei)
XXIX. Arbores fructu umbilicato (allerlei)
XXX. Arbores fructu non umbilicato (allerlei)
XXXI. Arbores fructu sicco (allerlei)
XXXII. Arbores siliquosae (holzige *Papilionaceen*)
XXXIII. Arbores anomalae (*Ficus*).

Unter diesen Classen können nur die Fungi, Capillares, Stellatae, Labiatae, Pomiferae, Tetrapetalae siliquosae, die Leguminosen die Floriferae und Stamineae als ganz oder annähernd natürliche Gruppen gelten, obgleich auch bei diesen noch grobe Verstöße vorkommen. Die Mehrzahl auch dieser Abtheilungen war aber längst in der Botanik anerkannt und wie schlimm es mit den andern steht, zeigen die in den Klammern beigesetzten Beispiele. Wenn man auf der einen Seite es

anerkennen muß, daß Ray mit Jungius an der Entstehung der Kryptogamen ohne Samen zweifelt, so fällt es anderseits auf, daß er ebensowenig wie seine Vorgänger, Zeitgenossen und nächsten Nachfolger an der vegetabilischen Natur der Polypen und Spongien etwas auszusetzen findet. Schlimmer als dies ist jedoch die höchst mangelhafte Subordination und Coordination in seinem System: während die Classe der Moose die Conferven, Flechten, Lebermoose, Laubmoose und Baerlappe, also Dinge enthält, welche von einander soweit verschieden sind, wie Infusorien, Würmer, Krebse und Mollusken; finden wir dagegen die eine Familie der Compositen nach ganz kleinlichen unbedeutenden Verschiedenheiten in vier Classen gespalten. Es ist endlich hervorzuheben, daß wenn Ray auch die Blattbildung des Embryos in ihrer Bedeutung für die Systematik im Allgemeinen erkannte, er doch weit davon entfernt war, alle Mono- und Dicotyledonen scharf zu sondern.

Bei alldem bleibt Ray's Hauptverdienst, daß er zuerst die natürlichen Verwandtschaftsverhältnisse in ihren großartigeren Zügen einigermaßen erkannte, während dagegen die systematische Gliederung der kleineren Gruppen durch ihn kaum gefördert wurde. Wie Morison, fand auch Ray in Deutschland zwei Anhänger, in Christoph Knauth (1638—94) der nach Ray's Methode geordnet 1687 eine Flora von Halle herausgab, und in Christian Schellhammer (1649—1716) Professor in Helmstädt, dann in Jena.

Was Morison und Ray für England, Tournefort für Frankreich, das war Augustus Quirinus Rivinus[1]) (1652 bis 1725) für die Deutschen. Er war seit 1691 Professor der Bo-

---

[1]) A. Q. Rivinus (Bachmann) war der dritte Sohn des Andreas Bachmann eines Mediziners und Philologen zu Halle; er soll 80,000 fl. auf seine Werke und deren Ausstattung mit ca. 500 Kupfertafeln verausgabt haben, bis die Mittel ausgingen. Eine Biographie und richtige Würdigung seiner Leistungen von Du Petit-Thouars findet sich in der Biographie universelle ancienne et moderne.

tanik, Physiologie, Materia medica und Chemie in Leipzig; außerdem beschäftigte er sich aber noch mit Astronomie so angelegentlich, daß er sich durch Beobachtung von Sonnenflecken die Augen verdarb. Bei so vielseitiger Beschäftigung kann es nicht Wunder nehmen, daß seine Specialkenntniß der Pflanzen im Vergleich zu der der drei anderen Genannten nur unbeträchtlich war; desto besser wußte er aber die von Jungius aufgestellten Grundsätze der Morphologie zu würdigen, sie für die Beurtheilung der Systematik zu benutzen. Sein Verdienst liegt jedoch mehr in der scharfen Kritik der hervorragendsten Irrthümer, welche sich bis dahin bei allen Botanikern erhalten hatten, wogegen seine eigenen positiven Leistungen, wenigstens soweit es die Erkennung von Verwandtschaften betrifft, unbeträchtlich sind; für uns ist von besonderem Interesse seine Introductio generalis in rem herbariam, welche 1690 erschien und 39 Seiten des größten Formates umfaßt; er weist darin das viele unnöthige Beiwerk, mit welchem sich die Botaniker befaßten, zurück und setzt den Zweck der Botanik allein in die wissenschaftliche Betrachtung der Pflanzen selbst. Zuerst handelt er von der Namengebung, wo sich zeigt, daß Rivinus bezüglich der Gattungs- und Speciesnamen bereits die Grundsätze aufstellte, welche später Linné zu konsequenter Anwendung brachte, denn Rivinus selbst befolgte seine eigenen Vorschriften nicht und verdarb seinen Ruf als Botaniker, durch eine geschmacklose Nomenclatur. Trotzdem sprach er es ganz deutlich aus, daß jede Pflanze am Besten durch zwei Worte, deren eines der Gattungs- das andere den Speciesnamen darstellt, bezeichnet werden solle und geistreich zeigte er den großen Nutzen dieser binären Nomenclatur bei der Behandlung der Medicinalpflanzen und dem Aufschreiben der Recepte. Die Culturvarietäten ließ er nicht, wie z. B. Tournefort nach ihm noch that, für Species gelten.

In der Systematik verwirft er mit Entschiedenheit die Eintheilung in Bäume, Sträucher und Kräuter, deren ojective Ungültigkeit er an Beispielen gut erläuterte. Merkwürdig ist in

seinen kritischen Darlegungen, was übrigens auch bei Tournefort wiederkehrt, daß man aus manchen Bemerkungen auf ein feines Verständniß für natürliche Verwandtschaft glaubt schließen zu müssen, während zwischen hinein wieder Ausdrücke vorkommen, welche glauben machen, daß ihm dieselbe für das System vollkommen gleichgültig sei. Durch einen wunderlichen, unlogischen Sprung, weil nämlich die Blüthe früher da sei als die Frucht, kommt er zu dem Schluß, daß man von jener die Hauptabtheilungen ableiten müsse und bei derselben benützt er nun gerade dasjenige Merkmale der Blumenkrone, welches den allergeringsten klassifikatorischen Werth besitzt, nämlich die regelmäßige oder symetrische (irreguläre) Form derselben. Zudem muß es Wunder nehmen, daß Rivinus, der ein beträchtliches Vermögen zur Herstellung von Habitusbildern in Kupferstich ohne jeden Zweck verschwendete und obgleich er sein System auf die Blüthenform gründete, dennoch dem Blüthenbau selbst ein nur ganz oberflächliches Studium zuwandte; was er über denselben sagt, ist viel schlechter, als was irgend Jemand vor und nach ihm darüber geschrieben hat. Sein auf die Form der Blüthen gegründetes System enthält denn auch Nichts, was man einen Fortschritt in der Systematik nennen könnte; trotzdem fehlte es ihm nicht an Anhängern, unter denen in Deutschland Heucher, Knauth, Ruppius, Hebenstreit, Ludwig; auch Hill in England u. a. zu nennen sind, die an seinem System dieß und jenes änderten, eine Fortbildung desselben war jedoch seiner Natur nach ganz unmöglich. Mit Ray und Dillenius gerieth er wegen seines Systems in Streit; auch Ol. Rudbeck trat gegen ihn auf.

Obgleich auch Joseph Pitton de Tournefort[1]) (1656

[1]) Tournefort war zu Aix in der Provence geboren; erhielt seine erste Bildung in einem Jesuitenkolleg; anfangs zum Theologen bestimmt, konnte er sich nach seines Vaters Tode 1677 ganz der Botanik widmen. Nach Reisen in Frankreich und Spanien wurde er 1683 Professor am Jardin des Plantes; auch von hier aus machte er verschiedene Reisen in Europa, 1700 ging er nach Griechenland, Asien, Afrika. Auf all' diesen Reisen sammelte er fleißig Pflanzen, die er dann beschrieb.

bis 1708) sein System auf die Form der Blumenkrone gründete, trat er doch in gewissem Sinne in Gegensatz zu Rivin. War dieser vorwiegend kritisch und nur mit mangelhafter Specieskenntniß ausgerüstet, so trat dagegen Tournefort mehr dogmatisirend auf und wußte die großen Mängel seiner morphologischen Einsicht durch eine sehr ausgedehnte Specialkenntniß in den Augen seiner Zeitgenossen zu ersetzen. Tournefort wird gewöhnlich als der Begründer der Gattungen im Pflanzenreich bezeichnet; es wurde jedoch schon gezeigt, wie sich aus der Einzelbeschreibung bereits im 16. Jahrhundert der Begriff der Gattungen und Species hervorbildete und wie bereits Caspar Bauhin auch durch die Namengebung in konsequenter Weise Gattungen und Species unterschied; zudem hatte Rivinus 1690 die binäre Nomenclatur bei der Benennung der Pflanzen als die zweckmäßigste gefordert, wenn er auch freilich diese Forderung selbst nicht befolgte; Tournefort aber that es, jedoch in ganz anderer Weise als Bauhin. Dieser gab von den Gattyngen nur die Namen und versah nur die Species mit Diagnosen; Tournefort dagegen versah blos die Gattungsnamen mit Diagnosen und führte die Species und Varietäten ohne eigene Beschreibung dahinter auf. Tournefort hat also nicht die Gattungen zuerst aufgestellt, sondern vielmehr nur den Schwerpunkt der descriptiven Botanik in die Charakteristik der Gattungen verlegt, dabei aber den großen Fehler begangen, die specifischen Verschiedenheiten innerhalb der Gattungen als Nebensache zu behandeln. Wie wenig Tiefe in Tournefort's botanischem Denken lag, zeigt nicht nur seine in der That klägliche Blüthentheorie, deren Fehlerhaftigkeit wie bei Rivin um so mehr auffällt, als er sein System auf die äußere Blüthenform gründete, sondern noch mehr der Ausspruch am Ende seiner übrigens recht verdienstlichen Geschichte der Botanik: Diese Wissenschaft sei seit dem Zeitalter des Hippokrates in dem Grade gefördert worden, daß kaum noch Etwas fehle außer einer genauen Aufstellung der Gattungen. Seine allgemeinen Sätze über die Aufstellung des Systems enthalten neben manchem Guten, was jedoch meist nicht neu ist,

sich vielmehr bei Morison, Ray und Rivinus besser findet, wunderliche Mißgriffe; so schließt er z. B. denjenigen Pflanzen, welche keine Blüthe und Frucht besitzen, auch diejenigen an, bei denen diese Theile nur unter dem Mikroskop zu erkennen sind; die Kleinheit gilt also gleich mit der Abwesenheit der Organe. Die klägliche Beschaffenheit seiner Blüthentheorie fällt um so mehr auf, als damals (1700) bereits die trefflichen Untersuchungen Malpighi's und Grew's über den Blüthen- Frucht- und Samenbau vorlagen und bereits Rudolph Jacob Camerarius seine Entdeckung der Sexualität im Pflanzenreich bekannt gemacht hatte; von dieser letzteren aber wollte Tournefort ausdrücklich Nichts wissen. Der Vorwurf, die Vorarbeiten Malpighi's und Grew's nicht benutzt zu haben, trifft Rivinus und die Systematiker bis auf A. L. de Jussieu in ebenso hohem Grade; wir haben da eben nur die ersten Beispiele der später so oft bewährten Thatsache vor uns, daß die Systematiker von Fach mit einer gewissen Aengstlichkeit sich von den Ergebnissen feinerer morphologischer Forschung fern hielten und wo möglich ihre Eintheilungsgründe von leicht wahrnehmbaren Aeußerlichkeiten der Pflanze hernahmen, ein Verfahren, welches mehr als Alles andere den Ausbau des Pflanzensystems aufgehalten hat.

Was nun das System Tournefort's betrifft, so ist dasselbe ein durchaus künstliches, in wo möglich noch höherem Grade als das des Rivinus und jedenfalls dem des Ray untergeordnet. Wenn wir auch einzelnen wirklich natürlichen Gruppen begegnen, so kommt das einfach daher, daß eben in manchen Familien die Gattungen in allen Merkmalen so übereinstimmen, daß sie nothwendig vereinigt bleiben, gleichgiltig, ob man dieses oder jenes Merkmal herausgreift. Die bei Ray schon ganz von den Phanerogamen geschiedenen Cryptogamen, sowie die Eintheilung der Holzpflanzen und Kräuter in Monocotylen und Dicotylen finden wir bei Tournefort nicht reproducirt; trüge sein Hauptwerk, an welches wir uns hier halten, die Institutiones rei herbariae, nicht die Jahreszahl 1700, so könnte man fast

glauben, es sei vor der Historia plantarum des Ray und vor dem Hauptwerk des Rivinus geschrieben. Doch ist Ein Vorzug von rein formaler Natur hervorzuheben: es herrscht strenge Ordnung in diesem Werke, jede Classe wird in Sectionen, diese in Genera und diese in Species eingetheilt, zudem sind die einen ganzen Band füllenden Abbildungen von Blüthentheilen und Blättern sehr schön in Kupfer gestochen, übersichtlich geordnet, das Werk also in hohem Grade zum Nachschlagen und zu rascher Orientirung geeignet. Um jedoch einen Begriff von dem Durcheinander, das in verwandtschaftlicher Beziehung in seinem System herrscht, zu gewinnen, brauchen wir nur die ersten drei Sectionen seiner ersten Classe aufzuschlagen, wo wir Atropa und Mandragora in der ersten, Polygonatum und Ruscus in der zweiten, Cerinthe, Gentiana, Soldanella, Euphorbia, Oxalis in der dritten Section vereinigt finden. — Die Handlichkeit dieses Buches einerseits, das geringe Interesse der meisten damaligen Botaniker für die natürliche Verwandtschaft, das immer noch steigende Interesse für die Einzelkenntniß der Pflanzen, haben es offenbar verursacht, daß Tournefort nicht nur in Frankreich, sondern auch in England, Italien und Deutschland die meisten Botaniker für sich gewann, daß sein System ähnlich wie später das Linné'sche Sexualsystem in den ersten drei bis vier Decennien des 18. Jahrhunderts fast allgemein den Darstellungen zu Grunde gelegt wurde. Unter andern entwarf Boerhave 1710 ein System, welches als eine Combination dessen von Ray mit dem von Herrmann und Tournefort gelten kann, übrigens aber weiter keinen Anklang fand.

Indem ich hiermit die Systematiker des 17. Jahrhunderts verlasse, wende ich mich mit Uebergehung der bloßen Pflanzensammler der ersten drei Jahrzehnte des 18. Jahrhunderts nunmehr sofort zu Linné.

Carl Linnaeus [1]), seit 1757 Carl von Linné genannt,

---

[1]) Außer einer Autobiographie geben über Linné's äußeres Leben zahlreiche biographische Schriften Auskunft die man z. Th. in Pritzel's

wurde 1707 zu Rashult in Schweden, wo sein Vater Prediger war, geboren. Von dem begonnenen Studium der Theologie zog ihn bald seine Vorliebe für die Botanik ab, in welcher ihn Dr. Rothmann unterstützte und auf Tournefort hinwies. In Lund, wo er nun Medicin studirte, lernte er Vaillant's Vortrag de sexu plantarum kennen, durch den er auf die Sexualorgane aufmerksam gemacht wurde. Schon 1730 übertrug der alte Professor Rudbeck dem 23jährigen seine botanischen Vorlesungen und die Verwaltung des botanischen Gartens und schon hier begann Linné die Bearbeitung seiner Bibliotheca botanica, der Classes plantarum und Genera plantarum. Im Jahre 1732 machte er eine botanische Reise nach Lappland, 1734 nach Dalekarlien; 1735 ging er nach Holland, wo er zunächst promovirte, 3 Jahre blieb und die genannten Schriften, das Systema naturae, die Fundamenta botanica u. a. drucken ließ. Von hier aus besuchte er auch England und Frankreich. Im Jahre 1738 nach Stockholm zurückgekehrt, war er genöthigt, als Arzt zu leben, bis er 1741 Professor der Botanik in Upsala wurde, wo er 1778 starb.

Linné wird gewöhnlich als der Reformator der beschreibenden Naturwissenschaften bezeichnet, mithin die Ansicht ausgesprochen, daß mit ihm eine neue Entwicklungsreihe in der Geschichte unserer Wissenschaft beginnt, etwa so, wie mit Copernicus eine neue Astronomie, mit Galiläi eine neue Physik begann. Diese Auffassung der geschichtlichen Stellung Linné's, wenigstens soweit es sich um sein Hauptfach, die Botanik, handelt, wird aber nur derjenige hegen können, dem die Werke von Caesalpin, Jungius, Ray, Rivin nicht bekannt sind oder der die in Linné's theoretischen Werken reichlich vorhandenen Citate nicht

Thesaurus lit. bot. genannt findet. Sein inneres Gemüthsleben enthüllt sich in überraschender Weise in einem Vermächtniß an seinen Sohn, einem Aufsatz über die „Nemesis divina", von welchem Prof. Fries leider nur einen Auszug veröffentlicht hat, der sich in der Regensburger Flora 1851 Nr. 44 referirt findet. Ueber Linné's Verdienste um die Zoologie vergl. Carus, Geschichte der Zoologie, München 1872.

beachtet. Linné ist vielmehr vorwiegend das letzte Glied der Entwicklungsreihe, welche sich in den eben genannten Männern darstellt; der ganze Gesichtskreis Linné's, der ganze Inhalt seiner Gedanken sind dieselben, die Grundirrthümer jener Zeit theilt Linné ebenfalls, ja er hat ganz wesentlich dazu beigetragen, diese letzteren bis in das 19. Jahrhundert hinein fortzupflanzen. Mit der Behauptung, daß Linné nicht den Anfang einer neuen Entwicklungsperiode, sondern den Abschluß einer älteren darstellt, ist aber keineswegs gesagt, daß seine Wirksamkeit für die spätere Zeit verloren gewesen sei. Linné verhält sich zu den Systematikern der hier geschilderten Periode eben so, wie sich Caspar Bauhin zu den Botanikern des 16. Jahrhunderts verhält; wie dieser alles Brauchbare seiner Vorgänger außer Caesalpin zusammentrug und aus ihm wiederum die Botaniker der zweiten Periode schöpften, obwohl sie von ganz anderen Gesichtspuncten ausgingen; ebenso hat Linné Alles, was die Systematiker des 17. Jahrhunderts auf Grund Caesalpin'scher Ideen geleistet, in sich aufgenommen, es zu einem Ganzen verschmolzen, zu einem Lehrgebäude vereinigt, ohne im Grunde etwas wesentlich Neues hinzuzubringen; in ihm gipfelte Alles, was von Caesalpin bis auf Tournefort an systematischer Botanik sich entwickelt hatte und die Resultate, die er in sehr eigenthümlicher Form aber mit wahrer Meisterschaft zusammenfaßte, blieben für die spätere Entwicklung der Botanik eben so wenig unfruchtbar, wie der Inhalt von Caspar Bauhin's Werken für die Nachfolger des Caesalpin.

Wer die Werke von Caesalpin, Jungius, Morison, Ray, Rivinus, Tournefort mit Linné's Fundamenten der Botanik (1736), seinen Classes plantarum (1738), und seiner Philosophia botanica (1751) sorgfältig vergleicht, muß sich auf das Bestimmteste überzeugen, daß der ideelle Inhalt der Linné'schen Theorien bereits in jenen Werken zerstreut enthalten ist; wer ferner die Geschichte der Sexualtheorie seit Rudolph Jacob Camerarius (1694) verfolgt hat, muß zugeben, daß Linné dieser Theorie nicht das geringste Neue hinzugefügt, daß

er jedoch zu ihrer Anerkennung wesentlich beigetragen hat, obgleich nicht geleugnet werden kann, daß er selbst nach den Kölreuter'schen Arbeiten noch höchst unklare, ja mystische Vorstellungen von der Sexualität der Pflanzen hegte.

Was aber Linné dennoch eine so überwältigende Bedeutung für seine Zeit gab, das ist die geschickte Zusammenfassung Alles dessen, was vor ihm geleistet worden war; gerade diese Verschmelzung des bisher Bekannten und Zerstreuten ist nicht nur das Charakteristische bei Linné, sondern auch zugleich ein großes Verdienst.

Caesalpin trug zuerst die aristotelische Denkweise in die Botanik hinein; sein System sollte der Absicht nach ein natürliches sein, blieb aber ein äußerst unnatürliches; Linné, dem man überall den tiefen Eindruck ansieht, welchen Caesalpin auf ihn gemacht hat, behält das Bedeutendste, erkennt aber, was Keiner vor ihm erkannte, daß die Art von Systematik, wie sie Caesalpin, Morison, Ray, Tournefort, Rivin getrieben hatten, dem ihnen vorschwebenden Zweck, nämlich der Auffindung der Verwandtschaften, unmöglich genügen könne, daß vielmehr auf diesem Wege nur eine künstliche und nützliche Anordnung gewonnen wird, während die Darstellung der natürlichen Verwandtschaften auf ganz anderem Wege zu suchen ist.

Was die Nomenclatur der Pflanzentheile betrifft, in welcher sich die damalige Morphologie erschöpfte, so nimmt Linné den ganzen Inhalt der Isagoge des Jungius in sich auf, gibt ihm aber eine übersichtlichere Form und bereichert die Blüthentheorie, indem er ohne Zögern die damals noch wenig beachtete sexuelle Bedeutung der Staubgefäße verwerthet und so eine bessere Gesammtauffassung der Blüthe gewinnt, die ihrerseits wieder ihre Früchte in einer eben so anschaulichen als bequemen Nomenclatur trägt: die noch jetzt in der Wissenschaft gebräuchlichen Namen wie diöcisch, monöcisch, triandrisch, monogynisch u. s. w., mittelbar auch die später erfundenen Ausdrücke: dichogamisch, protandrisch, protogynisch u. dgl. verdanken ihre Entstehung dieser richtigen Auffassung der Geschlechtsverhältnisse der Pflanzen.

Aber auch ein großer Irrthum lief mitunter, der nicht wenig dazu beigetragen hat, Linné's Ruhm zu vermehren. Linné nannte sein künstliches auf die Zahl, Verwachsung und Gruppirung der Staubgefäße und Carpelle gegründetes System das Sexual-System der Pflanzen, indem er die vermeintliche Vorzüglichkeit desselben darin fand, daß es auf Organe gegründet sei, deren Function die allergrößte Bedeutung beansprucht. Es liegt aber auf der Hand, daß das Linné'sche Sexualsystem genau denselben classificatorischen Werth haben würde, wenn die Staubgefäße mit der Fortpflanzung gar nichts zu thun hätten oder wenn die sexuelle Bedeutung derselben ganz unbekannt wäre. Denn gerade diejenigen Merkmale der Staubgefäße, welche Linné classificatorisch verwerthet, ihre Zahl und Verwachsungsweise sind für die Sexualfunction selbst völlig gleichgiltig.

Wenn daher die Bedeutung dieses künstlichen Systems für die Lehre von der Sexualiät der Pflanzen auf einer Verschiebung und Verwirrung von Begriffen beruht, so ist zugleich hervorzuheben, daß überhaupt der Verfolg der Wissenschaft gezeigt hat, wie Linné's Sexualsystem gerade deßhalb, weil die von ihm benutzten Eigenschaften der Staubgefäße von ihrer Function ganz unabhängig sind, vielfach zur Aufstellung natürlicher Gruppen führen mußte, denn wir dürfen es als ein wichtiges Ergebniß betrachten, daß den größten classificatorischen Werth diejenigen Eigenschaften der Organismen darbieten, welche von den Functionen der Organe ganz oder zum größten Theile unabhängig sind. Derselbe Irrthum, welcher Caesalpin dazu veranlaßte, die functionelle Wichtigkeit der Fructificationstheile zum Princip der Eintheilung zu machen, kehrt also bei Linné in anderer Form wieder: um ein Eintheilungsprincip zu finden, wendet er sich an diejenigen Organe, deren Function ihm die wichtigste scheint, er nimmt aber die Merkmale nicht etwa von den Verschiedenheiten der Function, sondern von der Zahl und Verwachsungsweise, welche für die Sexualfunction ganz gleichgültig ist. Ganz demselben Irrthum begegnen wir übrigens auch bei Leibnitz und Burkhard, die ich hier nur deßhalb erwähne, um Linné

gegen den ihm von seinen Zeitgenossen wiederholt gemachten Vorwurf in Schutz zu nehmen, als ob er die Idee seines Sexual-Systems diesen beiden verdanke. Allerdings hatten sie, sowie später Linné, in der großen physiologischen Bedeutung der Sexualorgane irrthümlich den Grund gefunden, aus ihren Verschiedenheiten die Eintheilungsgründe für ein System abzuleiten; aber das war eben der Irrthum in der Sache; das richtige, was nun Linné wirklich that, sich nämlich für den Zweck der Systematik an rein morphologische Eigenschaften zu halten und diese zweckmäßig zu verwerthen, das thaten jene nicht. Was der berühmte Philosoph [1]) gelegentlich im Jahre 1701 über den in Frage stehenden Gegenstand äußerte, ist übrigens so unbedeutend und unbestimmt, daß Linné keinesfalls viel daraus entnehmen konnte; viel besser ist freilich, was Burckhardt [2]) in seinem oft genannten Briefe an Leibnitz 1702 in dieser Beziehung sagt und streift schon ungefähr den Gedanken Linné's; aber von den dort gemachten Andeutungen bis zu dem durchgeführten Aufbau eines wohlgegliederten und practisch höchst brauchbaren System, wie es Linné erfand, ist ein gar weiter Weg.

Einseitig hatten die Botaniker des 16. Jahrhunderts und im Grunde auch noch Morison und Ray den Schwerpunkt ihrer Thätigkeit in die Unterscheidung der Species, ebenso hatten Rivinus und Tournefort das Hauptgewicht in die Aufstellung der Gattungscharaktere mit Vernachläßigung der Species gelegt; Linné verwendete dagegen dieselbe Sorgfalt und viel größere Kunst auf die Beschreibung sowohl der Gattungen wie der Species. Er brachte zu practischer Geltung, was Rivin als frommen Wunsch oder als Vorschrift aufgestellt hatte und so darf er, wenn auch nicht als der Erfinder, so doch als der eigentliche Begründer der binären Nomenclatur der Organismen betrachtet werden.

Wenn hier die Quellen nahmhaft gemacht wurden, aus

---

[1]) Abgedruckt in Jessens Botanik der Gegenwart und Vorzeit p. 287.

[2]) Epistola ad Godofredum Guielielmum Leibnitzium etc. cum Laurentii Heisteri praefaione Helmstadii 1750.

denen Linné schöpfte, so wird damit nur eine Pflicht der Geschichtsschreibung erfüllt; Mißverstand wäre es, darin irgend eine Beeinträchtigung des bedeutenden Mannes sehen zu wollen, wünschenswerth ist vielmehr, daß alle Naturforscher gerade so, wie Linné es gethan hat, das von ihren Vorgängern geleistete Gute aufnähmen und es um ebenso viel wie er förderten. Linné selbst hat die Quellen seines Wissens soweit sie ihm bekannt waren, wiederholt citirt und oft genug die Verdienste seiner Vorgänger mit einer Unbefangenheit gewürdigt, die niemals eine Spur von Neid, wohl aber häufig eine enthusiastische Verehrung verräth, wie ganz besonders die kurzen Charakteristiken zeigen, welche er in den Classes plantarum den einzelnen Systemen vorausschickt. Linné verstand es, das Gute seiner Vorgänger nicht blos anzuerkennen und gelegentlich zu benutzen; vielmehr wurden in ihm die Gedanken Anderer erst lebendig und fruchtbar, indem er sie, wie seine eigenen Gedanken verwendete, ihren principiellen Werth, soweit sie solchen besaßen, überall zur Geltung brachte. Diese Lebensfrische war es offenbar, durch welche sich seine Nachfolger häufig zu dem Glauben verleiten ließen, das Alles habe Linné selbst erdacht und erfunden. Was Caesalpin und seine Nachfolger im 17. Jahrhundert, ja sogar was Caspar Bauhin geleistet, erkennt man erst recht deutlich bei der Lecture von Linné's Werken; mit Bewunderung sieht man hier längst bekannte Gedanken jener Männer, die dort aber unbedeutend und unvollendet auftreten, bei Linné zu einem lebendigen Ganzen sich gestalten und insofern war Linné zugleich im besten Sinne receptiv und produktiv; und in der theoretischen Botanik hätte er vielleicht auf diesem Wege noch Größeres geleistet, wenn er nicht in einem großen Irrthum befangen gewesen wäre, der bei ihm noch viel schärfer als bei seinen Vorgängern und Zeitgenossen hervortritt, in dem Irrthum nämlich, als ob die höchste und einzig würdige Aufgabe darin bestehen müsse, alle Species des Pflanzenreichs dem Namen nach genau zu kennen. Linné sprach dies mit aller Schärfe aus und seine Schule in Deutschland und England

hielt daran so fest, daß diese Meinung sich auch im größeren Publikum festsetzte und dieses bis auf den heutigen Tag als selbstverständlich betrachtet, ein Botaniker sei wesentlich dazu da, jede beliebige Pflanze sofort mit einem Namen zu bezeichnen. Gleich seinen Vorgängern betrachtete auch Linné die Morphologie, überhaupt die allgemeine theoretische Botanik nur als Mittel zu dem Zweck, die Principien der Nomenclatur und der Diagnostik aufzufinden, um so die Beschreibung der Pflanzen zu verbessern.

Das bisher über ihn Gesagte trifft übrigens vorwiegend nur die Art und Weise, wie sich Linné im Einzelnen bethätigte; seinem innersten Wesen nach war er aber Scholastiker, in viel höherem Grade selbst als Caesalpin, welcher nicht sowohl Scholastiker als vielmehr Aristoteliker im strengen Sinne des Wortes genannt werden darf. Indem ich aber Linné's Denkweise als durchaus scholastisch bezeichne, so ist damit im Grunde schon gesagt, daß er ein Naturforscher im modernen Sinne des Wortes nicht war; ich könnte darauf hinweisen, daß Linné nicht eine einzige irgend bedeutende Entdeckung, welche auf das Wesen der Pflanzenwelt ein neues Licht wirft, gemacht hat; das würde jedoch noch nicht beweisen, daß er ein Scholastiker war.

Das Wesen echter Naturforschung liegt darin, aus der genauen und vergleichenden Beobachtung der Naturerscheinungen nicht nur überhaupt Regeln abzuleiten, sondern diejenigen Momente aufzufinden, aus denen der causale Zusammenhang, Ursache und Wirkung sich ableiten läßt. Indem die Forschung nach dieser Methode verfährt, ist sie genöthigt, die vorhandenen Begriffe und Theorien beständig zu corrigiren, neue Begriffe und neue Theorien aufzustellen und so unser Denken dem Wesen der Dinge mehr und mehr anzupassen; der Verstand hat nicht den Objecten, sondern die Objecte dem Verstande Vorschriften zu geben. Genau in entgegengesetzter Weise verfährt die aristotelische Philosophie und ihre mittelalterliche Form, die Scholastik; bei ihr handelt es sich eigentlich gar nicht darum, durch die Forschung

neue Begriffe und neue Theorieen zu gewinnen, denn diese stehen ein für allemal fest; die Erfahrung muß sich dem fertigen Gedankensystem fügen; was sich nicht fügt, wird dialectisch so lange gedreht und gedeutet, bis es scheinbar in das Ganze hineinpaßt. Die geistige Arbeit auf diesem Standpunkte besteht ganz wesentlich in diesem Drehen und Wenden der Thatsachen, denn die ganze Weltanschauung selbst ist fertig und braucht nicht geändert zu werden. Erfahrung in dem höheren Sinne der Naturforschung wird dadurch unmöglich gemacht, daß man die letzten Gründe der Dinge sämmtlich zu kennen glaubt; diese letzten Gründe und Principien der Scholastik aber sind im Grunde nur Worte mit äußerst unbestimmter Bedeutung, ihr Sinn besteht in Abstractionen, die aus der alltäglichen, nicht wissenschaftlich geläuterten, daher schlechten Erfahrung sprungweise abgeleitet sind; und je weiter die Abstraction getrieben ist, je weiter sie sich von der Hand der Erfahrung entfernt, desto ehrwürdiger und wichtiger erscheinen diese Abstracta, über welche man sich schließlich, jedoch wieder nur durch Bilder und Metaphern gegenseitig verständigen kann [1]. Die Wissenschaft nach scholastischer Methode ist ein Spiel mit abstracten Begriffen, der beste Spieler der, welcher dieselben untereinander so zu verbinden weiß, daß die vorhandenen Widersprüche geschickt verdeckt werden. Wogegen die echte Forschung, sei es philosophische oder naturwissenschaftliche, gerade darauf ausgeht, etwa vorhandene Widersprüche schonungslos aufzudecken und die Thatsachen so lange zu befragen, bis unsere Begriffe sich berichtigen und wenn es nöthig ist, die ganze Theorie, die ganze Weltanschauung durch eine bessere ersetzt wird. In der aristotelischen Philosophie und Scholastik sind die Thatsachen blos Beispiele zur Erläuterung feststehender abstracter Begriffe für die Naturforschung dagegen der fruchtbare Boden, aus welchem beständig neue Vorstellungen, Gedankenverbindungen, Theorieen

[1]) Man vergleiche die ausgezeichnete Darstellung der platonischen und aristotelischen Philosophie und der Scholastik in Albert Lange's Geschichte des Materialismus II. Auflage 1874.

und Weltanschauungen hervorwachsen. Zu den schlimmsten Seiten der Scholastik und aristotelischen Philosophie gehört die Verwechslung bloßer Begriffe und Worte mit dem objectiven Wesen der durch sie bezeichneten Dinge; besonders gern leitete man das Wesen der Dinge aus der urspünglichen Bedeutung der Worte ab und sogar die Frage nach der Existenz oder Nichtexistenz eines Dinges wurde aus dem Begriffe desselben beantwortet. Diese Art des Denkens finden wir nun bei Linné überall da, wo er nicht blos als Systematiker und Beschreiber thätig ist, sondern über das Wesen der Pflanzen und ihrer Lebenserscheinungen Auskunft geben will, so in seinen Fundamenten, der Philosophia botanica und ganz besonders in dem Amoenitates academicae. Unter zahlreichen Beispielen sei nur die Art hervorgehoben, wie er die Sexualität der Pflanzen zu erweisen sucht. Linné kannte und rühmte die Verdienste des Rudolph Jacob Camerarius, der als echter Naturforscher die Sexualität der Pflanzen auf dem einzig möglichen Wege, dem des Experimentes, erwiesen hatte; dieser experimentelle Nachweis indessen läßt ihn kalt, er erwähnt ihn nur ganz nebenbei, dagegen verwendet er seine ganze Kunst auf eine ächt scholastische Beweisführung, welche aus dem Wesen der Pflanze die Existenz der Sexualität als nothwendig erweisen soll; er knüpft seine Beweisführung an den durch unvollständige Induction gewonnenen Satz Harveys: omne vivum ex ovo, den er offenbar für ein a priori feststehendes Princip hält und folgert nun daraus, daß auch die Pflanzen aus einem Ei entstehen müssen, indem er übersieht, daß in dem Satze omne vivum ex ovo die Pflanzen ohnehin schon die Hälfte des omne vivum ausmachen; dann aber fährt er fort, „daß die Pflanzen aus einem Ei entstehen, lehrt uns die Vernunft und die Erfahrung; die Cotyledonen bestätigen es" Vernunft, Erfahrung und Cotyledonen! das ist gewiß eine sehr merkwürdige Zusammenstellung von Gründen. Zuerst hält er sich im folgenden Satz an die Cotyledonen, welche nach ihm bei den Thieren aus dem Eidotter hervorkommen, in welchem sich der Lebenspunct befinde; folglich, sagt er, sind die Samenblätter

der Pflanzen, welche das corculum umhüllen, dasselbe; daß nun aber der Nachkomme nicht blos aus dem Ei, auch nicht aus dem männlichen Befruchtungsstoff, sondern gleichzeitig aus beiden gebildet wird, das zeigen die Thiere, die Bastarde, die Vernunft und die Anatomie. Was nun die Vernunft in diesem und dem vorigen Satze betrifft, so versteht er darunter die aus dem Wesen, d. h. dem Begriff der Sache gefolgerte Nothwendigkeit, daß es eben so sein müsse; die Thiere liefern ihm die Analogie und was die Anatomie betrifft, so kann diese eben nichts beweisen, so lange nicht bekannt ist, welchen Zweck die anatomischen Einrichtungen haben; die schwächste Seite dieses Beweises aber liegt in den Bastarden, denn von diesen kannte Linné, als er die Fundamente schrieb, nur die Maulthiere; pflanzliche Hybriden wurden erst 1761 von Köhlreuter beschrieben von denen aber Linné keine Notiz nahm und was es mit den pflanzlichen Hybriden auf sich hat, die Linné selbst später beobachtet haben wollte, die aber nicht existiren, werden wir in der Geschichte der Sexualtheorie noch erfahren, hier nur so viel davon, daß er die Existenz dieser Hybriden gerade so aus dem Begriff der Sexualität ableitet, wie hier die Sexualität aus dem Begriff der Hybridation gefolgert wird. Nun geht es in seiner Beweisführung weiter: „daß ein unbefruchtetes Ei keime, wird durch die Erfahrung verneint, dementsprechend auch die Eier [1]) der Pflanzen — jede Pflanzenart ist mit Blüthe und Frucht ausgestattet, auch wo das Auge sie nicht bemerkt", was natürlich im Sinne Linné's auch wieder aus dem Begriff der Pflanze oder des Eies vernunftgemäß folgt; er führt allerdings auch Beobachtungen an, die aber nicht richtig sind. Nun aber heißt es weiter: „die Fructification besteht in den Geschlechtsorganen der Blüthen; daß die Antheren die männlichen Organe, der Pollen der Befruchtungsstoff sei, geht aus ihrem Wesen

---

[1]) Die Vergleichung der Pflanzensamen mit den Eiern der Thiere (an sich unrichtig) stammt, wie Aristoteles berichtet, von Empedokles her und wurde immer mit Vorliebe von den Systematikern hervorgehoben.

hervor, ferner daraus, weil die Blüthe der Frucht vorausgeht; ferner aus ihrer Stellung, der Zeit, den Loculamenten (der Antheren), ferner aus der Castration und der Structur der Pollens." Die Hauptsache ist ihm auch hier das Wesen der männlichen Organe und damit man wisse, was dieses Wesen sei, verweist er auf einen früheren Satz, wo wir die Belehrung finden, daß die Essenz der Blüthe in Anthern und Stigma bestehe. Auf solchen Cirkelschlüssen und Beweisführungen aus dem zu Beweisenden bestehen fast alle Demonstrationen Linné's. Zugleich wird das Mitgetheilte zeigen, wie groß seine Verdienste um die Lehre von der Sexualität gewesen sind; diese ganze Sophistik aber findet sich noch viel ausführlicher in dem Aufsatz sponsalia plantarum (amoenitates I. p. 77) und noch viel schlimmer sieht es aus in dem Aufsatz plantae hybridae (Amoen. III. p. 29). Daß Linné nicht die entfernteste Ahnung davon hatte, wie man nach den Grundsätzen streng inductiver Forschung die Existenz einer hypothetisch angenommenen Thatsache erweist, zeigt neben diesen und zahlreichen anderen Beispielen auch seine Untersuchung über die Samen der Moose (amoenitates II. p. 266), auf die er sich nicht wenig einbildete, die aber selbst für jene Zeit (1750) ganz unglaublich schlecht ist. Ueberhaupt war es Linné's Sache nicht, sich mit dem, was wir eine Untersuchung nennen, zu befassen; was dem ersten prüfenden Blick entging, das ließ er ruhig liegen; Erscheinungen, die ihn interessirten, etwa auf ihre Ursachen zu untersuchen, fiel ihm gar nicht ein: er classificirte sie und damit war die Sache abgethan; wie z. B. in seinem somnus plantarum, wie er die periodischen Bewegungen der Pflanzen nannte. Wenn man sich längere Zeit mit der Lectüre der Philosophia botanica und der Amoenitates beschäftigt, fühlt man sich durch die Art der Scholastik und Sophistik, auf welche hier Alles hinausläuft, in die Literatur des Mittelalters versetzt und doch stammen diese Schriften Linné's aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts, aus einer Zeit, wo Malpighi, Grew, Rud. Jakob Camerarius, Hales bereits musterhafte Untersuchungen durchgeführt hatten

und wo seine Zeitgenossen Duhamel, Kölreuter u. a. nach den Principien ächter Naturforschung experimentirten. Beachtet man diese Eigenthümlichkeit Linné's, so wird es erklärlich, warum Männer, wie Buffon, Albert Haller, Kölreuter ihn mit einer gewissen Nichtachtung behandelten; erklärlich wird es aber auch, wie die stricten Anhänger Linné's in Deutschland, die sich ganz wesentlich nur von seinen Schriften nährten und das wirklich Gute, was in Linné lag, von seiner Sophistik nicht zu sondern wußten, schließlich dahin kommen konnten, daß ihre Botanik allem Andern mehr, als einer Naturwissenschaft ähnlich sah. In der That lag für schwache Geister in Linné's Führerschaft etwas sehr Gefährliches, denn mit seiner wunderlichen Logik, die selbst auf dem Gebiet der Scholastik mit zum Schlechtesten zählen dürfte, verband Linné die glänzendsten Eigenschaften eines descriptiven Naturforschers: Nicht blos der ungeheure Umfang seiner Specialkenntniß, sondern ganz besonders die überlegene Sicherheit, womit er die Systematik beherrschte, konnten nicht verfehlen, allen denen im höchsten Grade zu imponiren, welche eben in diesen Eigenschaften allein die Bedeutung des Naturforschers erblickten. Zu seinen besten Talenten gehörte ohne Zweifel die Gabe, die Species und Gattungen des Pflanzen- und Thierreichs mit wenigen Merkmalen schlagend zu charakterisiren, die Diagnosen mit einem Minimum von Worten herzustellen; in dieser Beziehung wurde er das unerreichte Vorbild aller späteren Botaniker.

Ueberhaupt lag Linné's Ueberlegenheit ganz und gar in der ihm angebornen Befähigung, Alles, womit er sich beschäftigte, mit Geschick und Klarheit der Distinction zu klassificiren; bei ihm wurde, so zu sagen, die ganze Logik in die Thätigkeit des Classificirens, des Coordinirens, Subordinirens, verwandelt. In dieser Weise behandelte er nicht nur die Naturkörper, sondern überhaupt Alles, worüber er schrieb. Die systematischen Botaniker, von denen er in den Classes plantarum spricht, werden sofort selbst classificirt in Fructisten, Corollisten, Calycisten. Die Männer, welche sich irgend wie mit Botanik beschäftigen, werden in 2 große

Classen eingetheilt, in wahre Botaniker und in bloße Botanophili, zu denen er sehr charakteristisch für seine Denkweise die Anatomen, Gärtner und Mediciner rechnet. Die wahren Botaniker aber sind wieder entweder bloße Sammler oder Methodiker. Zu den Sammlern gehören alle, welche die Zahl der bekannten Species vermehren, auch die Monographen, Floristen und Reisenden, die man jetzt gewöhnlich, höflicher als Linné, Systematiker zu nennen pflegt. Unter Methodikern versteht Linné diejenigen, welche die Eintheilung und die ihr entsprechende Benennung der Pflanzen besorgen, sie zerfallen aber in Philosophen Systematiker und Nomenclatoren; die ersteren sind nämlich diejenigen, welche die Botanik nach Vernunftgründen und nach Beobachtungen theoretisch behandeln, sie zerfallen wieder in Oratoren, Institutoren, Erystici und Physiologen; unter diesen letzteren versteht er diejenigen, welche das Mysterium der Sexualität bei den Pflanzen enthüllten, Malpighi, Hales u. dergl. sind also nach Linné keine Physiologen. Die zweite Gattung der Methodiker, die Systematiker nämlich, theilt er in die beiden Species, Orthodoxe und Heterodoxe, von denen jene die Eintheilungsgründe ausschließlich von der Fructification entnehmen, diese aber auch andere Merkmale benutzen; in dieser Weise behandelt Linné Alles, worauf er zu reden kommt und wenn irgend möglich in ganz kurzen numerirten Sätzen, die sich dann immer selbst wie Gattungs- und Speciesdiagnosen ausnehmen. Wie überhaupt sein ganzes inneres Wesen schon fertig ausgebildet war, als er 1736 die Fundamente schrieb, so behielt er auch die eigenthümliche Schreibweise immer bei und selbst in dem erwähnten Nachlaß moralisch-religiösen Inhaltes an seinen Sohn in der Nemesis divina finden wir genau dieselbe Ausdrucksweise wieder. Wo dieselbe hinpaßt, macht sie in der That den besten Eindruck, so z. B. in den kurzen Charakteristiken der einzelnen Systeme in seinen Classes plantarum, einem Werk, wo sich Linné ganz in seinem Elemente fühlt, wo er mit feinem Instinkt aus jedem System die leitenden Principien, seine Vorzüge und Mängel erkennt und mit epigrammatisch zu-

geschärfter Kürze in einem Minimum von Worten dem Leser in numerirten Sätzen vorführt. Diese eigenthümliche stylistische Form, die er auch in der Philosophia streng durchführt, hat gewiß nicht wenig dazu beigetragen, seine zahlreichen logischen Fehler, ganz besonders seine häufig wiederkehrenden Cirkelschlüsse der Aufmerksamkeit der Leser zu entziehen.

Die ganze merkwürdige Mischung von dilettantenhafter Philosophie mit jener Meisterschaft im Classificiren der Dinge und Begriffe, dieses Gemenge von eigenthümlicher Consequenz in seinen scholastischen Grundanschauungen, mit groben Denkfehlern gibt seinem Styl überall etwas auffallend Originelles, was noch dadurch erhöht wird, daß er seine Ausdrucksweise durch eine eigenthümliche frische Unmittelbarkeit und nicht selten eine gewisse Poesie belebt.

Versucht man es nun, den Fortschritt zu bezeichnen, welchen die Wissenschaft der Thätigkeit Linné's verdankt, so sind es zwei Verdienste, welche vor Allem hervorgehoben werden müssen; zuerst die strenge Durchführung der binären Nomenclatur in Verbindung mit der sorgfältigen methodischen Charakteristik der Gattungen und Arten, die er auf das ganze damals bekannte Pflanzenreich auszudehnen suchte, so daß durch ihn die descriptive Botanik im engeren Sinn eine völlig neue Form gewann, eine Form, welche nun auch bei der Begründung und dem weiteren Ausbau des natürlichen Systems ohne jede Einschränkung benutzt werden konnte und die zugleich das Vorbild für die Benennung und Charakteristik der größeren Gruppen des natürlichen Systems wurde; als später Jussieu und De Candolle die Familien und Gruppen von Familien charakterisirten, war es in der Hauptsache dasselbe Verfahren, wie es Linné bei der Charakteristik der Gattungen durch Abstraction von den specifischen Merkmalen eingeschlagen hatte. Dieses Verdienst Linné's ist überall unbeschränkt anerkannt worden; weniger dagegen sein zweites, auf welches mindestens derselbe Werth zu legen ist, das Verdienst, zuerst erkannt zu haben, daß auf dem von Caesalpin und seinen Nachfolgern betretenen Weze, durch a priori

festgestellte Merkmale ein System zu schaffen, welches den natürlichen Verwandtschaften gerecht werden soll, nicht vorwärts zu kommen ist; er stellte nicht blos sein künstliches Sexualsystem auf, sondern neben diesem das Fragment eines natürlichen Systems; und zu den verschiedensten Zeiten hob er immer wieder hervor, das natürliche System aufzufinden sei die Hauptaufgabe der Botanik. Damit war die Situation für die Systematik geklärt. Er selbst benutzte sein Sexualsystem bloß deßhalb, weil es äußerst bequem für die Einzelbeschreibung sich brauchen ließ, den eigentlich wissenschaftlichen Werth aber verlegte er ausschließlich in das natürliche System und wie viel er auch in dieser Richtung leistete, ist daraus zu entnehmen, daß Bernard de Jussieu seine allerdings viel bessere Familienreihe nach dem Linné'schen Fragment aufstellte und daß auf diese Weise sein Neffe A. L. de Jussieu die Hauptidee, welche dem natürlichen System zu Grunde liegt, einfach aufzunehmen brauchte, um sie weiter zu führen.

Um den Inhalt der theoretischen Botanik Linné's in seinen Hauptzügen kennen zu lernen, wendet man sich am besten an die Philosophia botanica, die man als ein Lehrbuch dessen, was Linné Botanik nannte, betrachten kann; und in diesem Sinne, zumal was die Uebersichtlichkeit und Präcision in der Behandlung des Stoffes betrifft, ebenso in der Reichhaltigkeit des Materials läßt dies Buch alles Frühere derart weit hinter sich; was noch mehr sagen will, in den neunzig Jahren nach 1751 ist kaum ein Lehrbuch der Botanik mehr erschienen, welches in demselben Grade das jeweilig vorhandene Wissen so vollständig und so übersichtlich behandelt hätte. Um den Leser einigermaßen in die Behandlungsweise einzuführen, übergehe ich die ersten Capitel, welche die botanische Literatur und die verschiedenen bis dahin aufgestellten Systeme behandeln, um mich sofort zu dem dritten Capitel, welches unter der Ueberschrift Plantae die Gesammtnatur der Pflanzen und speciell die Vege-

tationsorgane behandelt, zu wenden. Die Vegetabilien umfassen sieben Familien, heißt es daselbst, die Pilze, Algen, Moose, Farne, Gräser, Palmen und Pflanzen. Die Vegetabilien bestehen aber aus dreierlei Arten von Gefäßen, den Saftgefäßen, welche die Flüssigkeit bewegen, den Schläuchen, welche den Saft in ihren Höhlungen conserviren und den Tracheen, welche Luft anziehen. Sätze, welche Linné aus Malpighi und Grew entlehnt. Von den genannten sieben Familien werden die Pilze nicht durch Merkmale charakterisirt, von den Algen heißt es, bei ihnen sei Wurzel, Blatt und Stamm in Eins verschmolzen; den Moosen wird eine Anthere ohne Filament, welche von der weiblichen, eines Pistills entbehrenden Blüthe getrennt ist, zugeschrieben; die Samen dieser Moose entbehren einer Schale und der Cotyledonen; verständlich wird diese Charakteristik der Moose erst durch Linné's oben erwähnte Abhandlung semina muscorum in der amoen. acad. II. Für die Farne wird als Characteristik die Fructification auf der Unterseite der Wedel (die also nicht als Blätter aufgefaßt werden) angeführt. Die sehr einfachen Blätter, der gegliederte Halm, der calyx glumosus und der vereinzelte Same charakterisiren die Familie der Gräser. Der einfache Stamm, die Blattrosette am Gipfel, die spatha des Blüthenstandes sind der Charakter der Palmen. Alle übrigen Vegetabilien, welche in die vorigen Familien nicht eintreten, werden Pflanzen genannt. Ihre bisherige Eintheilung, in Kräuter, Sträucher und Bäume wird als eine nicht wissenschaftliche abgewiesen. Diese Eintheilung des ganzen Pflanzenreiches ist nicht mit Linné's Fragment eines natürlichen Systems zu verwechseln, in welchem er vielmehr 67 Familien (Ordnungen) aufführt, unter denen allerdings auch die Pilze, Algen, Moose, Farne, als solche figuriren. An dieser Stelle hat Linné dieselben Abtheilungen offenbar nur deßhalb angeführt, um darauf aufmerksam zu machen, in wie weit die folgenden Sätze auf alle Vegetabilien oder nur auf gewisse Abtheilungen derselben anzuwenden sind. Die Theile der Vegetabilien, welche der Anfänger zuerst zu unterscheiden hat, sind drei:

die Wurzel, das Kraut[1]) und die Fructificationstheile, mit welcher Eintheilung Linné von seinen Vorgängern, bei denen die Fructification mit dem Kraut zusammen der Wurzel entgegengestellt wird, abweicht. Das Vegetabil besteht nun aus dem Mark, welches mit dem Holz umkleidet ist, das seinerseits aus dem Bast entsteht, der Bast aber trennt sich von der Rinde ab, welche mit der Epidermis überzogen ist; auch diese anatomischen Sätze stammen von Malpighi; von Mariotte dagegen ist der Satz entlehnt, das Mark wachse, indem es sich selbst und seine Umhüllungen ausdehnt. Die Ansicht des Caesalpin über die Knospenbildung spricht Linné in dem Satze aus: das Ende eines Markfadens, welches durch die Rinde hervortritt, löst sich in eine Knospe auf u. s. w. Die Knospe ist ein zusammengedrängtes Kraut und dehnt sich unbegrenzt aus, bis die Fructification der bisherigen Vegetation ein Ziel setzt. Die Fructification entsteht dadurch, daß die Blätter zu einem Kelch zusammentreten, aus welchem die Spitze eines Zweiges als Blüthe um ein Jahr verfrüht hervorbricht, während die Frucht aus der Marksubstanz entstehend ein neues Leben nicht beginnen kann, wenn nicht vorher die Holzsubstanz der Staubgefäße von der Pistillflüssigkeit absorbirt worden ist. So legte sich Linné Caesalpin's Blüthentheorie zurecht, um gleichzeitig der von Camerarius entdeckten sexuellen Bedeutung der Staubgefäße Rechnung zu tragen. — Eine neue Schöpfung, heißt es zum Schluß, giebt es nicht, sondern nur eine kontinuirliche Generation, was mit dem merkwürdigen, ganz auf Caesalpin'schen Anschauungen beruhenden Zusatz bewiesen wird: cum corculum seminis constat parte radicis medullari.

Die Wurzel, welche die Nahrung aufsaugt, und das Kraut mit der Fructification producirt, besteht aus Mark, Holz, Bast, Rinde und wird in die beiden Theile caudex und radicula eingetheilt. Der caudex entspricht ungefähr unserer Hauptwurzel

[1]) Kraut herba vertritt bei Linné das ältere Wort germen: Sproß Germen ist aber bei Linné der Fruchtknoten.

und den Rhizomen, während die radicula ungefähr das bedeutet, was wir jetzt Nebenwurzel nennen.

Das Kraut ist derjenige Theil eines Vegetabils, welcher aus der Wurzel entspringt und von der Fructification begrenzt ist; es besteht aus dem Stamm, den Blättern, den Blattstützen (fulcrum) und den Ueberwinterungsorganen (hibernaculum). Es folgen nun die weiteren Distinctionen des Stammes und der Blätter; die noch jetzt zum Theil übliche Nomenclatur wird hier, im Wesentlichen auf die Definitionen des Jungius gestützt, mit großer Ausführlichkeit aufgestellt. Der merkwürdigen, auf die Symmetrieverhältnisse gegründeten Unterscheidung von Stamm und Blatt bei Jungius erwähnt Linné jedoch nicht, wie er überhaupt in seiner Nomenclatur weniger tiefe Auffassung als dieser verräth, sich mehr an die unmittelbar sinnliche Wahrnehmung hält und so Vieles unterscheidet, was objektiv gleichartig ist. Davon giebt sogleich der die fulcra behandelnde Paragraph Beispiele; mit diesem Terminus bezeichnet er nämlich Hülfsorgane der Pflanze, zu denen er die Nebenblätter, Deckblätter, Dornen, Stacheln, Ranken, Drüsen und Haare rechnet. Es geht daraus hervor, daß Linné den Begriff Blatt (folium) nicht auf die Deckblätter und Nebenblätter ausdehnte und die für die Ranken aufgeführten Beispiele zeigen zugleich, daß er die ganz verschiedene morphologische Bedeutung einer solchen bei Vitis und bei Pisum durchaus nicht kannte. Die Zusammenstellung der genannten sieben Organe unter dem Begriff fulcrum zeigt recht deutlich, wie Linné bei der Aufstellung seiner Nomenclatur nur darauf ausging, das sinnlich Verschiedene mit bestimmten Worten zu bezeichnen, um so die Mittel zu einer kurzen Diagnose der Species und Gattungen zu gewinnen; ihm lag es fern, aus der vergleichenden Formbetrachtung der Pflanzen allgemeinere Sätze abzuleiten, um so einen tieferen Einblick in die Natur der Pflanze zu gewinnen. Dasselbe erkennt man in der Aufstellung des Begriffes hibernaculum, worunter er einen Theil der Pflanze versteht, welcher das noch embryonale Kraut umschließt und vor äußerer Unbill schützt; er unterscheidet hier die Zwiebel und die

Winterknospe der Holzpflanzen. Auf diesem Wege, wo morphologische und biologische Beziehungen der Organe vermengt werden, folgten ihm übrigens die Botaniker bis tief in unser Jahrhundert hinein.

Ueber seine Vorgänger geht Linné weit hinaus in der Unterscheidung und Benennung der Fructificationsorgane, von denen das vierte Capitel der Philosophia botanica handelt. Die Fructification der Vegetabilien, sagt er, ist ein temporärer Theil, der Fortpflanzung gewidmet, welcher das Alte begrenzt, das Neue beginnt. Er unterscheidet folgende sieben Theile: 1) den Kelch, welcher die Rinde in der Fructification vergegenwärtigt, dahin rechnet er jedoch auch das involucrum der Umbelliferen, die spatha, die calyptra der Moose und sogar die volva gewisser Hutpilze; abermals ein Beweis, wie sich Linné bei seiner Nomenclatur der Pflanzentheile ganz von Aeußerlichkeiten leiten ließ. 2) Die Blumenkrone, welche den Bast der Pflanze in der Blüthe repräsentirt. 3) Das Staubgefäß, welches den Pollen erzeugt. 4) Das Pistill, welches der Frucht anhängend den Pollen aufnimmt; hier wird zuerst der Fruchtknoten, Griffel und Narbe deutlich unterschieden. Nun aber kommt wieder als besonderes Organ 5) das Perikarpium, der die Samen enthaltende Fruchtknoten. Wie Zwiebel und Knospe nicht einfach als junge Sprosse, sondern neben diesen als eigenartige Organe behandelt werden, so wird also hier auch die reife Frucht nicht blos als der weiter ausgebildete Fruchtknoten, sondern als eigenartiges Organ betrachtet. Doch ist die Unterscheidung der verschiedenen Fruchtformen Linné's schon viel besser als bei seinen Vorgängern. 6) Der Same ist ein abfallender Theil der Pflanze, das Rudiment einer neuen, welches durch den Reiz des Pollens belebt worden ist. Die Behandlung des Samens und seiner Theile gehört zum Allerschwächsten, was Linné geleistet hat; obgleich auf Caesalpin gestützt, ist das, was er über die Theile des Samens sagt, doch viel mangelhafter als bei diesem und dessen Nachfolgern. Der Embryo wird als corculum bezeichnet und an ihm die

plumula und das rostellum (Würzelchen) unterschieden. Dem corculum coordinirt, also nicht als Theil des Embryos, sondern als ein besonderes Organ des Samens figurirt hier der Cotyledon, dessen Definition mit den Worten: corpus laterale seminis, bibulum caducum gegeben wird. Schlechter konnte man es unmöglich machen und kaum glaublich scheint es, daß eine so schlechte Definition und Distinction 1751 und noch 1770 von dem damals hervorragendsten Botaniker gegeben werden konnte, nachdem Malpighi und Grew beinahe hundert Jahre früher auf zahlreichen Kupfertafeln die Theile des Samens und sogar schon die Entwicklungsgeschichte und die Keimung desselben erläutert hatten. Des Endosperms, welches Linné offenbar mit dem Cotyledon confundirt, thut er keine Erwähnung, obgleich schon Ray dasselbe von den übrigen Samentheilen gut unterschieden hatte. Was weiter oben über Linné's Unfähigkeit, einigermaßen schwierig zu beobachtende Dinge sorgfältig zu untersuchen, gesagt wurde, findet hier bei seiner Nomenclatur der Samentheile mehr als hinreichende Bestätigung. Dem bereits Gesagten gegenüber will es nicht viel bedeuten, daß er wie die meisten früheren Botaniker die einsamigen Schließfrüchte als Samen behandelt, dem entsprechend auch den pappus als Samentheil aufführt. Unter 7) receptaculum versteht er Alles, wodurch die Fructificationstheile unter einander verbunden werden, außer dem receptaculum proprium, welches die Theile einer einzelnen Blüthe verbindet, auch das receptaculum commune, worunter er die mannigfaltigsten Inflorescenzen (Umbella, Cyma, Spadix) zusammenfaßt.

Das Wesen der Blüthe, heißt es schließlich, besteht in der Anthere und dem Stigma; das der Frucht im Samen; das der Fructification in Blüthe und Frucht und das der Vegetabilien in der Fructification. Hierauf folgt nun eine lange Reihe Unterscheidungen und Benennungen der Fructificationsorgane, unter denen schließlich auch die von Linné zuerst unterschiedenen Nectarien genannt werden.

Ueber seine Ansicht von der Sexualität der Pflanzen,

welche er nun im fünften Capitel behandelt, wurde schon oben Einiges mitgetheilt, um zu zeigen, wie Linné sich bezüglich der Thatsache der Sexualität selbst ganz wesentlich auf nichtssagende scholastische Deductionen stützte. Hier mögen noch einige seiner später berühmt gewordenen Sätze kurz erwähnt werden. — Am Anfang der Dinge, heißt es, wurde, wie wir annehmen, von jeder Species der Lebewesen ein einziges Paar von Geschlechtern geschaffen. — Die Vegetabilien entbehren der Empfindung, daß sie aber gleich den Thieren leben, beweist ihre Entstehung, das Altern (aetas), die Bewegung, der Trieb (propulsio), die Krankheit, der Tod, die Anatomie, die organische Struktur (organismus). Für diese Worte werden nun einfache Worterklärungen gegeben, die in der Frage Nichts beweisen. — Im Verfolg wird die ganze Sexualitätstheorie, wie weiter oben bereits gezeigt, überall auf scholastische Beweise sich stützend vorgetragen, dabei zugleich die Parallele zwischen thierischen und vegetabilischen Sexualverhältnissen bis zum Uebermaaß ausgesponnen. Dieses Capitel der Philosophia botanica ist es offenbar, neben seiner Abhandlung „Sponsalia plantarum", welches die Anhänger Linné's, denen die ältere Literatur unbekannt war und denen die scholastische Gewandtheit Linné's gerade hier imponirte, veranlaßte, in ihm den Begründer der Sexualtheorie der Pflanzen überhaupt zu feiern, während ein sorgfältigeres Studium der Geschichte unwiderleglich zeigt, daß Linné auf diese Weise zwar zur Verbreitung der Lehre, aber absolut Nichts zur Begründung derselben beigetragen hat.

Bei allem bisher Mitgetheilten handelte es sich um die Natur der Pflanze selbst und Alles, was Linné darüber wußte, ist vor ihm erforscht und erdacht worden; gerade bei dieser Gelegenheit zeigt sich überall das Eigenthümliche der Linné'schen Scholastik im Gegensatz zu den inductiv gewonnenen Thatsachen, die er seinen Lesern überliefert. Die starke Seite seiner Natur macht sich dagegen in den folgenden Capiteln der Philosophia botanica, welche die Grundlagen der Systematik behandeln, in glänzender Weise geltend, hier, wo es sich nicht mehr

darum handelt, Thatsachen festzustellen, sondern Vorstellungen und Begriffe zu ordnen, zu disponiren und zu subsummiren, finden wir Linné ganz in seinem Element.

Das Fundament der Botanik, beginnt er, ist ein zwiefaches, die Eintheilung und die Benennung. Als theoretische Eintheilung betrachtet er die Aufstellung von Classen, Ordnungen, Gattungen; als practische die Aufstellung von Species und Varietäten. Jene, welche Caesalpin, Morison, Tournefort u. a. ausbildeten, führt zur Aufstellung eines Systems; die bloße Praxis der Speciesbeschreibung könne auch von solchen geübt werden, die von der Systematik Nichts verstehen. Diese Aeußerungen Linné's sind insofern von großem Interesse, als sie gleich anderen seiner Bemerkungen beweisen, daß er die eigentliche Systematik, welche sich mit der Aufstellung und Anordnung der größeren Gruppen beschäftigt, höher stellt, als die bloße Unterscheidung einzelner Formen; seine Nachfolger allerdings haben zum großen Theil diese Lehre des Meisters vergessen, ihnen galt das bloße Sammeln und Unterscheiden von Species schon für Systematik. — Im Gegensatz zur bloßen synoptischen Uebersicht, die mit ihren dichotomischen Eintheilungen nur practischen Zwecken dient, steht das System selbst, welches die einander subordinirten Begriffe der Classen, Ordnungen, Genera, Species und Varietäten behandelt. Dann folgt der oft citirte Satz: Species zählen wir so viele, als verschiedene Formen im Princip (in principio) geschaffen worden sind. Früher hatte er statt in principio gesagt ab initio, es ist hier also an die Stelle des zeitlichen Anfangs ein ideeller, principieller Anfang gesetzt, was seinen philosophischen Ansichten besser entspricht. Daß es neue Species geben könne, fährt er fort, wird durch die continuirliche Generation und Propagation, sowie durch die tägliche Beobachtung und durch die Cotyledonen widerlegt. Es ist schwer begreiflich, wie die Linné'sche Schule bis tief in unser Jahrhundert herein ein Dogma festhalten konnte, welches auf solcher Logik beruhte. Daß Linné unter Species nicht gradweise, sondern principiell verschiedene Formen verstand, zeigt

seine Definition der Varietäten, deren nach ihm so viele sind, als verschiedene Pflanzen aus dem Samen gleicher Species entstehen. Und zwar wird hinzugefügt, die Varietät verdanke ihre Entstehung einer zufälligen Ursache, wie dem Klima, dem Boden, der Wärme, dem Wind, was offenbar auf ganz willkürlicher Annahme beruht. Aus der Gesammtheit seiner Darstellung leuchtet die Ansicht hervor, daß die Species ihrem innersten Wesen nach, die Varietäten dagegen nur äußerlich verschieden sind. Hier, wo wir das Dogma von der Constanz der Arten zuerst präcis ausgesprochen finden, ein Dogma, welches bis zum Auftreten der Descendenztheorie allgemein geglaubt wurde, wäre man berechtigt, Beweise zu suchen; wie aber Dogmen überhaupt nicht beweisbar sind, so stellt auch Linné das seinige einfach als Behauptung hin [1]), wenn man nicht etwa den Satz: negat generatio continuata, propagatio, observationes quotidianae, cotyledones als einen Beweis für die Behauptung, daß es keine neuen Species gebe, gelten lassen will. Uebrigens werden wir noch weiterhin sehen, zu welch' sonderbaren Consequenzen Linné selbst durch sein Dogma geführt wurde, als es sich darum handelte, den Verwandtschaftsverhältnissen der Gattungen und größeren Gruppen Rechnung zu tragen. Das Werk der Natur, fährt er fort, ist immer die Species und das Genus, das Werk der Cultur häufig die Varietät; die Classe und Ordnung beruht sowohl auf der Natur, wie auf der Kunst, womit wohl gesagt sein soll, daß die größeren Gruppen des Pflanzenreichs nicht in demselben Maße objective Giltigkeit haben, wie die Species und das Genus, sondern zum Theil auf bloß subjectiver

---

[1]) Es wäre nicht schwer, zu beweisen, daß die Constanz der Species eigentlich aus der Scholastik oder in letzter Instanz aus der platonischen Ideenlehre folgt und deshalb schon vor Linné als selbstverständlich angenommen wurde; Linné brachte diese Consequenz nur zu klarem Bewußtsein; die empirischen Daten, die er dafür beibringt, sind ohne alle beweisende Kraft. Die Stärke des Dogmas liegt vielmehr in seiner Beziehung zu der platonisch-scholastischen Philosophie, welcher mehr oder weniger bewußt die Systematiker bis auf die neueste Zeit gehuldigt haben.

Meinung beruhen. Daß Linné die Thätigkeit der Systematiker nach Caesalpin sowie die Verdienste der deutschen Väter der Pflanzenkunde bis auf Bauhin in ganz ähnlicher Weise auffaßte, wie es in dem hier vorliegenden Buch geschieht, zeigt der 163. Satz, wo er das Wort Habitus erklärt und hinzusetzt, Caspar Bauhin und die Aelteren hätten aus dem Habitus die Verwandtschaften der Pflanzen vorzüglich errathen (divinarunt), und selbst die ächten Systematiker hätten sich öfter geirrt, wo der Habitus den richtigen Weg zeigte. Die natürliche Anordnung, welche das letzte Ziel der Botanik sei, gründe sich aber, wie erst die Neueren entdeckt hätten, auf die Fructification, obgleich auch diese nicht alle Classen enthüllt. Sehr interessant ist es nun zu sehen, wie Linné weiterhin (Satz 168) die Lehre gibt, daß man bei der Aufstellung der Gattungen, obgleich dieselbe nach der Fructification geschehen muß, doch auch den Habitus berücksichtigen müsse, damit nicht etwa wegen eines kleinlichen Merkmales (levi de causa) eine unrichtige Gattung aufgestellt werde. Diese Berücksichtigung des Habitus müsse jedoch heimlich geschehen, damit er nicht etwa die wissenschaftliche Diagnose störe.

Im Folgenden giebt nun Linné sehr ausführlich und bis ins Einzelne hinein die Regeln, nach denen die Aufstellung der Species, Gattungen, Ordnungen und Classen und deren Benennung vorgenommen werden müsse und hier ist es, wo Linné seine unbestrittene Meisterschaft als Systematiker entwickelte. Diese von ihm aufgestellten Regeln wurden von ihm selbst in seinen zahlreichen descriptiven Werken pünktlich befolgt und so durch Linné ein Geist der Ordnung und Klarheit in die Kunst der Pflanzenbeschreibung eingeführt, durch welchen diese im Vergleich zu allen Vorgängern Linné's plötzlich ein ganz anderes Ansehen gewann. Wer daher die Genera plantarum, das Systema naturae und die anderen descriptiven Werke Linné's mit den Werken von Morison, Ray, Rivinus, Tournefort vergleicht, findet hier einen Umschwung, der nothwendig den Eindruck hervorruft, als ob mit Linné plötzlich die ganze

Botanik erst zu einer Wissenschaft geworden sei; alles Frühere erscheint stümperhaft und ungeordnet im Vergleich zu Linné's Darstellungsweise. Ganz unzweifelhaft liegt in der großen Sicherheit und Bestimmtheit, welche Linné in die Beschreibungskunst einführte, sein größtes und dauerndes Verdienst nicht nur in der Botanik, sondern auch in der Zoologie. Man darf aber nicht übersehen, daß, wenn hiemit auch eine Reformation der Botanik, wie es Linné selbst gern nannte, eingetreten war, doch die Grundanschauungen vom Wesen der Pflanze eher einen Rückschritt als einen Fortschritt durch ihn gemacht hatten. Ray, Rivinus und zum Theil Tournefort und Morison hatten sich bereits in hohem Grade frei gemacht von dem Einfluß der Scholastik, sie machen auch uns noch den Eindruck ächter Naturforscher; Linné dagegen war ganz in die scholastische Anschauungsweise zurückgefallen und mit seiner glänzenden, formalen Leistung verband sich die Scholastik so innig, daß sie seinen Nachfolgern wie von der Systematik untrennbar erschien.

Derselbe Sinn für Ordnung und Klarheit, durch welchen Linné zum Reformator der Beschreibungskunst wurde, in Verbindung mit seiner Scholastik, war es, der ihn offenbar hinderte, dem natürlichen System eine energischere Arbeit zuzuwenden. Wiederholt habe ich bereits hervorgehoben, daß er es war, der zuerst schon 1738 in seinem Fragment 65 natürliche Gruppen aufstellte; auch zeigt sich ein gewisses Gefühl für natürliche Verwandtschaft in der Aufstellung der sieben Familien, der Pilze, Algen, Moose, Farne, Gräser, Palmen und der eigentlichen übrigen Pflanzen. Ferner führt er in dem 163. Satz der Philosophia botanica die Eintheilung des ganzen Pflanzenreichs in Akotyledonen, Monokotyledonen und Polykotyledonen mit ihren Unterabtheilungen trefflich durch; und so tritt bei ihm immer wieder der Drang nach einer natürlichen Anordnung hervor, ohne daß er demselben jedoch mit energischer Gedankenarbeit Genüge gethan hätte.

So blieben bei Linné zwei ganz verschiedene Auffassungen der Systematik neben einander bestehen: eine flachere, für den

praktischen Gebrauch nützliche, die sich in seinem künstlichen Sexualsystem aussprach und eine tiefere an sich wissenschaftlich werthvolle, welcher er in seinem Fragment und in den obengenannten natürlichen Gruppen Ausdruck gab.

Gerade so verhielt es sich auch mit Linné's morphologischen Ansichten; auch in dieser Beziehung ging eine flachere neben einer tieferen Auffassung her. Für den praktischen Gebrauch bei der Pflanzenbeschreibung bildete er seine Nomenclatur der Theile aus, welche, so brauchbar sie auch ist, doch flach oder oberflächlich erscheint, da ihr jede tiefere Begründung durch vergleichende Formbetrachtung fehlt. Daneben kommt aber an den verschiedensten Stellen seiner Schriften doch immer wieder das Bedürfniß nach einer tieferen Auffassung der Pflanzenformen zum Vorschein; was er darüber zu sagen wußte, faßte er unter dem Namen metamorphosis plantarum zusammen; der Inhalt seiner Metamorphosenlehre aber basirt ganz und gar auf den uns bereits bekannten Anschauungen Caesalpin's, welche er jedoch nicht in ihrer ursprünglichen Form aufnahm, sondern in ächt caesalpinscher Weise weiter auszuspinnen suchte, indem er einerseits die Blätter und Blüthentheile aus den Gewebeschichten des Stammes ableitete, andererseits aber die Blüthentheile selbst nur als veränderte Blätter auffaßte. In etwas confuser Form tritt diese Lehre von der Metamorphosis auf der letzten Seite seiner Philosophia botanica auf. Da heißt es z. B.: das ganze Kraut ist eine Fortsetzung der Medullarsubstanz der Wurzel; das Princip der Blüthen und Blätter ist dasselbe, wobei man sich in Linné's Sinne hinzudenken muß: weil beide aus den das Mark umgebenden Gewebeschichten entstehen, wie Caesalpin gelehrt hatte; abweichend von Letzterem und jedenfalls in sich inkonsequent wäre aber die darauf folgende Behauptung, das Princip der Knospe und Blätter sei identisch, wenn nicht die Erklärung folgte, die Knospe bestehe aus rudimentären Blättern, so daß also der Axentheil der Knospe gar nicht beachtet wird. Das Perianthium entsteht nach ihm aus verwachsenen Blattrudimenten. Wie eng sich Linné noch in seinen späten Jahren

an Caesalpin anschloß, zeigt ferner die nun folgende Erklärung des Blüthenkätzchens, welche sich ganz auf die von diesem gegebene Theorie desselben stützt. Wie bei Linné's Formbetrachtung eine flachere und tiefere Auffassung unvermittelt neben einander hergehen, zeigt sich ganz besonders auch darin, daß er im Text der Philosophia botanica Satz 84 die stipulae unter den Begriff der fulcra, nicht aber unter den der folia stellt, wogegen sich am Schluß desselben Werkes, wo er die Sätze über die Metamorphosis zusammenstellt, der Ausspruch findet, die stipulae sind Anhängsel der Blätter.

Den Gedanken Caesalpin's, daß die die Fruchtanlage umgebenden Blüthentheile gleich den gewöhnlichen Blättern aus den das Mark umhüllenden Gewebeschichten hervorgehen, hat Linné in der Abhandlung metamorphosis plantarum Band IV der Amoenitates academicae 1759 in sehr sonderbarer Weise weiter ausgesponnen, indem er die Blüthenbildung der Pflanzen mit der Metamorphose der Thiere, besonders mit der der Insecten vergleicht. Da heißt es p. 370, nachdem er die Verwandlungen der Thiere dargelegt, die Vegetabilien unterliegen einer gleichen Verwandlung. Die Metamorphose der Insecten bestehe in der Ablegung verschiedener Häute, so daß sie schließlich in ihrer wahren und vollkommenen Form nackt hervortreten. Diese Metamorphose finden wir auch bei den meisten Pflanzen, denn diese bestehen wenigstens an dem eigentlich lebendigen Theil der Wurzel aus Rinde, Bast, Holz und Mark. Die Rinde der Pflanzen verhalte sich nun gerade so, wie die Haut einer Insectenlarve, nach deren Ablegung das nackte Insect übrig bleibt. Bei der Blüthenbildung der Pflanzen nun öffnet sich die Rinde und bildet den Kelch (wobei er wieder ausdrücklich auf Caesalpin verweist) und aus diesem brechen die inneren Theile der Pflanzen hervor um die Blüthe zu bilden, so daß der Bast, das Holz und das Mark in Form von Blumenkrone, Staubfäden und Narbe nackt hervorbrechen. So lange die Pflanze innerhalb der Rinde verborgen nur mit Blättern bekleidet daliegt, erscheint sie uns ebenso unkenntlich und dunkel, wie ein Schmetterling, welcher im Larvenzustand mit Haut und Stacheln bedeckt ist.

Man hat bei dieser auf Caesalpin gegründeten Metamorphosenlehre Linné's als Hauptsatz das im Auge zu behalten, daß die gewöhnlichen Blätter mit den äußeren Blüthentheilen deßhalb identisch sind, weil beide aus den äußeren Gewebeschichten des Stammes entstehen. Die so nahe liegende und auch ohne Mikroskop leicht zu beobachtende Thatsache, daß die concentrische Anordnung von Rinde, Bast, Holz und Mark nur bei einem Theile von Blüthenpflanzen vorkommt, daß bei den Monokotylen die Sache sich ganz anders verhält, daß bei diesen also Caesalpin's Blüthentheorie keine rechte Anwendung mehr zuläßt, diese Erwägungen darf man bei Linné's ganzer Denkweise überhaupt nicht erwarten.

Der Mangel fester empirischer Anhaltspunkte zeigt sich auch darin, daß er neben seiner Caesalpin'schen Blüthentheorie auch noch eine ganz andere, mit dieser kaum zu vereinigende Anschauung vom Wesen der Blüthe verband, welche unter dem Namen der prolepsis plantarum in zwei Dissertationen unter Linné's Präsidium 1760 und 1763 dargestellt wurde. Während in der Philosophia botanica der letzte Satz lautet: Flos ex gemma annuo spatio, foliis praecocior est; wird in jenen Dissertationen[1]) die Lehre entwickelt, die Blüthe sei Nichts als das gleichzeitige Erscheinen von Blättern, die eigentlich den Knospenbildungen von sechs auf einander folgenden Jahren angehören, so zwar, daß die Blätter der für das zweite Jahr der Pflanze zur Entwicklung bestimmten Knospe zu Bracteen, die Blätter des dritten Jahres zum Kelch, die des vierten zur Corolle, die des fünften zu Staubfäden, die des sechsten zum Pistill werden. Auch hier sieht man wieder, wie Linné sich in willkürlichen Annahmen bewegt, ohne im Geringsten Rücksicht auf die genaue Beobachtung zu nehmen, denn dieser ganzen Prolepsistheorie liegt Nichts zu Grunde, was man eine wohl konstatirte Thatsache nennen könnte.

---

[1]) Deren Inhalt ich jedoch nur aus Wigand's Kritik und Geschichte der Metamorphose 1846 kenne.

Noch zum dritten Male begegnen wir bei Linné dem Nebeneinanderbestehen einer flacheren, auf alltägliche Wahrnehmung gegründeten und einer tieferen, gewissermaßen philosophischen Ansicht, wo es sich um das Dogma von der Constanz der Arten einerseits, und andererseits darum handelt, die Thatsache der natürlichen Verwandtschaft und ihrer Gradation zu erklären. Für das Dogma der Constanz der Arten führte Linné selbst außer ganz nichtssagenden Worterklärungen nur die alltägliche Wahrnehmung der Unveränderlichkeit der Arten an und an dieser hielt er bis zu seinem Lebensende fest; nun galt es aber, eine Erklärung dafür zu finden, daß eben, wie Linné immer wiederholt hervorhob, auch die Gattungen, Ordnungen, Classen nicht boß auf subjectiver Ansicht beruhen, sondern objectiv vorhandene Verwandtschaftsverhältnisse andeuten. Da half er sich nun in sehr merkwürdiger Weise und gerade hier tritt nicht nur die scholastische Denkmethode wieder ganz unverfälscht durch moderne Naturwissenschaft hervor, sondern Linné gründet auch seine Erklärung wieder auf das uralte Vorurtheil, daß das Mark das Lebensprincip der Pflanze sei und zum Theil auf seine eigene Annahme, daß sich bei dem Sexualakt die Holzsubstanz der Staubgefäße mit der Marksubstanz des Pistills verbinde. Hugo Mohl hat bereits in der botanischen Zeitung 1870 Nr. 46 diesen Sachverhalt klar gelegt, wenn ihm auch ebenso wie Wigand und den meisten Biographen Linné's unbekannt war, daß sich die Theorieen desselben überall wesentlich auf Caesalpin stützen. Linné's Theorie der natürlichen Verwandtschaften, wie er dieselbe 1762 in der Dissertation Fundamentum fructificationis und 1764 in der 6. Ausgabe seiner Genera plantarum darstellte, läuft nun auf Folgendes hinaus: bei der Erschaffung der Pflanzen (in ipsa creatione) wurde zunächst je eine Species als Repräsentant einer jeden natürlichen Ordnung erschaffen, und diese den natürlichen Ordnungen entsprechenden Pflanzen waren von einander im Habitus und der Fructifikation, d. h. bei Linné, absolut verschieden. In der Mittheilung von 1764 heißt es nun wörtlich:

1. Creator T. O. in primordio vestiit Vegetabile medullare principiis constitutivis diversi corticalis, unde tot difformia individua, quot ordines naturales, prognata.
2. Classicas has plantas Omnipotens miscuit inter se, unde tot genera ordinum, quot inde plantae.
3. Genericas has miscuit natura, unde tot species congeneres, quot hodie existunt.
4. Species hos miscuit casus, -unde totidem quot passim occurrunt varietates.

Mit Recht hat Hugo Mohl die Annahme Heufler's, als ob in diesen Sätzen eine der neueren Descendenztheorie ähnliche Ansicht enthalten sei, zurückgewiesen. Für den, welcher die Ansichten des Aristoteles, Theophrast und Caesalpin kennt, in denen sich hier Linné bewegt, kann es nicht zweifelhaft sein, was er unter seinem Vegetabile medullare und corticale versteht; daß mit jenem in keiner Weise etwa eine Pflanze von einfachster Organisation gemeint sei; vielmehr bedeuten die beiden Ausdrücke nur die Urprincipien der Vegetation, welche nach Linné der Schöpfer mit einander zuerst vereinigt hat. Nach Linné's Annahme wurden ursprünglich gleichzeitig und nebeneinander Pflanzen von der höchsten, wie von der niedersten Organisationsstufe geschaffen, neue Klassenpflanzen wurden später nicht mehr geschaffen aber durch die von dem Schöpfer herbeigeführte Vermischung der Klassenpflanzen entstanden die generisch verschiedenen Formen, durch natürliche Vermischung dieser die Species und durch bloße zufällige Abweichungen die Varietäten. Bei diesen Vermischungen oder Hybridationen aber, das ist zu beachten, verbindet sich nach Linné jedesmal die Holzsubstanz der einen Form, welche den Pollen liefert, mit der Marksubsanz der andern Form, deren Pistill von jener befruchtet wird und so sind es bei den angenommenen Kreuzungen immer die beiden Urelemente der Pflanze, das medullare und das cortikale, die sich da vermischen.

Daß in dieser Theorie Linné's kein Vorläufer unserer Descendenztheorie enthalten ist, daß sie vielmehr im strengsten Gegensatz zu dieser steht, wird eines weiteren Beweises kaum bedürfen. Linné's Theorie ist ganz und gar eine Frucht der Scholastik, das Wesentliche in Darwin's Descendenztheorie aber liegt gerade darin, daß in ihr die Scholastik keinen Platz mehr findet.

Drittes Capitel.

Bearbeitung des natürlichen Systems unter dem Dogma von der Constanz der Arten.

1759—1850.

Nach 1750 brach sich Linné's Nomenclatur der Organe, sowie die binäre Benennung der Arten allgemein Bahn, der Widerstand, den seine Lehren bis dahin gefunden hatten, verstummte nach und nach und wenn auch nicht Alles, was Linné lehrte, überall angenommen wurde, so ward doch seine Behandlung der Beschreibungskunst bald das Gemeingut aller Botaniker.

Im weiteren Verfolg aber zeigte sich eine Spaltung in zwei sehr verschiedene Richtungen: die meisten deutschen, englischen und schwedischen Botaniker hielten sich ganz streng an den Ausspruch Linné's: Je mehr Species ein Botaniker kennt, desto vorzüglicher ist er; sie nahmen das Linné'sche Sexualsystem als eine die Wissenschaft in jeder Beziehung abschließende Leistung hin, ihrer Meinung nach hatte die Botanik in ihm ihren Gipfel erreicht; ein Fortschritt konnte nur noch im Einzelnen stattfinden, indem man manche Unebenheiten des Linné'schen Sexualsystems glättete und neue Species zu sammeln und zu beschreiben fortfuhr. Es konnte nicht fehlen, daß auf diese Weise die Botanik nach und nach aufhörte, überhaupt eine Wissenschaft zu sein; selbst die Einzelbeschreibung, welche Linné zu einer Kunst erhoben hatte, wurde in den Händen dieser Art von Nachfolgern wieder laxer und schlaffer gehandhabt, an die Stelle der morphologischen Betrachtung der Pflanzentheile trat eine immer mehr und mehr sich ausdehnende Anhäufung von Kunstausdrücken,

denen jeder tiefere wissenschaftliche Gehalt fehlte, bis es endlich so weit kam, daß ein Lehrbuch der Botanik weit mehr einem deutsch-lateinischen Lexikon als einem naturwissenschaftlichen Werke ähnlich sah; um nur Ein Beispiel zu nennen, verweise ich zum Beleg des Gesagten auf Bernhardi's Handbuch der Botanik, Erfurt 1803 und zwar deßhalb, weil gerade Bernhardi einer der besten Vertreter der Botanik Deutschlands in jener Zeit war. Wie die Botanik zumal in Deutschland unter dem Einfluß der Linné'schen Autorität nach und nach in ein gemüthliches geistloses Kleinleben ausartete, davon geben am besten die ersten Bände der Zeitschrift Flora bis tief in die 20er Jahre hinein Auskunft; man begreift kaum, wie Männer von einiger Bildung sich mit solchen nichtssagenden Dingen beschäftigen konnten. Es wäre ganz verlorene Mühe, diese Art wissenschaftlichen Lebens, wenn der Ausdruck überhaupt erlaubt ist, dieses geistlose Treiben der Pflanzensammler, welche sich ganz in Widerspruch mit seiner Auffassung Systematiker nannten, eingehender zu verfolgen. Es ist zwar nicht zu verkennen, daß diese Anhänger Linné's der Wissenschaft insofern genutzt haben, als durch sie die europäischen und viele außereuropäischen Florengebiete durchsucht wurden, aber die wissenschaftliche Verarbeitung des von ihnen aufgehäuften Materials überließen sie Anderen.

Aber lange bevor diese Verkommenheit um sich griff, machte sich in Frankreich, wo das Sexualsystem überhaupt niemals zu großer Anerkennung gelangte, eine neue Richtung auf dem Gebiete der Systematik und Morphologie geltend. An Linné's tiefere und eigentlich wissenschaftliche Bestrebungen anknüpfend, waren es Bernard de Jussieu und sein Neffe A. L. de Jussieu, welche die Bearbeitung des natürlichen Systems, die Linné selbst als das höchste Ziel der Botanik hingestellt hatte, zur Aufgabe ihres Lebens machten. Hier konnte es sich nicht mehr um eine ewige Wiederholung von Einzelbeschreibungen nach bestimmter Schablone handeln; vielmehr mußten genauere Untersuchungen über die Organisation der Pflanzen, besonders ihrer Fructificationstheile das Fundament liefern, auf welchem die

Aufstellung größerer natürlicher Gruppen zu versuchen war. Hier handelte es sich also um neue inductive Forschung, um wirkliche Naturwissenschaft, hier galt es, in die Tiefen der organischen Form einzudringen, während jene anderen Botaniker, welche sich ausschließlich an Linné's Beschreibungskunst hielten, nichts Neues in dem Wesen der Pflanze zu Tage förderten. Wie übrigens die Pflanzensammler sich an den genannten Ausspruch Linné's und somit sich selbst für seine eigentlichen Jünger hielten, ebenso gut durften auch die Begründer des natürlichen Systems sich als ächte Schüler desselben betrachten; nicht bloß, weil sie seine Nomenclatur und Diagnostik befolgten, sondern noch mehr deßhalb, weil sie gerade demjenigen Ziel nachstrebten, welches Linné als die höchste Aufgabe der Botanik hingestellt hatte, dem Ausbau des natürlichen Systems; sie waren das, was Linné unter dem Namen methodici und systematici verstand. Die deutschen, englischen und schwedischen Pflanzensammler hielten sich eben an die flachen, der alltäglichen Praxis dienenden Vorschriften Linné's, während die Begründer des natürlichen Systems den tieferen Zügen seines Wissens folgten. Diese Richtung erwies sich nun als die allein lebenskräftige, ihr gehörte zunächst die Zukunft.

Das Charakteristische in den Bestrebungen Jussieu's, Joseph Gärtner's, DeCandolle's, Robert Brown's und ihrer Nachfolger bis auf Endlicher und Lindley liegt aber nicht blos darin, daß sie durch das natürliche System die Gradationen der natürlichen Verwandtschaften darzustellen suchten; ebenso characteristisch ist vielmehr für diese Männer der strenge Glaube an das von Linné definirte Dogma der Constanz der Arten; damit war den Bestrebungen der natürlichen Systematik von vornherein ein Hinderniß entgegengestellt; der Begriff der natürlichen Verwandtschaft, auf welchen es ja bei dem natürlichen System ganz ausschließlich ankommt, mußte für Jeden, welcher an die Constanz der Species glaubte, ein Mysterium bleiben, ein naturwissenschaftlicher Sinn ließ sich mit diesem mysteriösen Begriff nicht verbinden; und doch je weiter die Untersuchung der

Verwandtschaften fortschritt, desto klarer traten alle die Beziehungen hervor, welche die Arten, Gattungen und Familien unter einander verknüpfen; mit großer Klarheit entwickelte Pyrame de Candolle eine lange Reihe von verwandtschaftlichen Beziehungen, welche die vergleichende Morphologie offenbart; aber was ließ sich dabei denken, so lange das Dogma von der Constanz der Arten jedes objectiv reale Band zwischen zwei verwandten Organismen entzwei schnitt? Denken ließ sich nun eben eigentlich dabei nicht viel, um aber wenigstens die erkannten verwandtschaftlichen Beziehungen besprechen und beschreiben zu können, half man sich mit Worten von unbestimmtem Sinn, denen man nach Belieben eine metaphorische Bedeutung geben konnte. An die Stelle dessen, was Linné eine Klassenpflanze oder eine Gattungspflanze genannt hatte, setzte man jetzt das Wort Symmetrieplan oder Typus, unter welchem man eine ideale Grundform verstand, von welcher zahlreiche verwandte Formen sich ableiten ließen. Ob aber diese ideale Grundform jemals existirt habe oder ob sie bloß durch Abstraction des Verstandes gewonnen sei, blieb unbestimmt; und bald fand sich auch hier wieder Gelegenheit, auf die Denkformen der alten Philosophie zurückzugreifen. Die platonischen Ideen, obgleich bloße Abstractionen, also bloße Erzeugnisse des Verstandes, waren ja als objectiv existirende Dinge nicht blos von der platonischen Schule, sondern auch von den sogenannten Realisten unter den Scholastikern betrachtet worden. Die Systematiker nun gewannen durch Abstraction den Begriff eines Typus und leicht war es, im platonischen Sinne diesem Gedankending eine objective Existenz zuzuschreiben, und den Typus im Sinne einer platonischen Idee aufzufassen und in strenger Consequenz dieser auf dem Dogma der Constanz allein möglichen Anschauungsweise konnte Elias Fries (corpus florarum 1835) von dem natürlichen System sagen, est quoddam supranaturale, und behaupten, daß jede Abtheilung desselben ideam quandam exponit. So lange man an der Constanz der Arten festhält, wird man diese von Fries gezogene Folgerung nicht umgehen können; daß damit aber auch

die Systematik aufhört, eine Naturwissenschaft zu sein, ist ebenso gewiß. Die Systematiker durften sich mit dieser nothwendig aus dem Dogma fließenden Folgerung als diejenigen betrachten, welche durch das natürliche System den Schöpfungsplan, den Gedankengang des Schöpfers selbst auszudrücken suchten. Damit aber wurde die Systematik in theologische Anschauungen verwickelt, und nur so begreift man, warum die ersten schwachen Versuche zu einer Descendenztheorie auf so hartnäckigen, ja fanatischen Widerstand gerade bei den Systematikern von Fach stoßen konnten, denn für sie war ja das System etwas Uebernatürliches, ein Bestandtheil ihrer Religion. Und blicken wir nun zurück, so finden wir den Grund dieser Anschauungen in dem Dogma von der Constanz der Arten und Linné's Philosophia botanica belehrt uns, auf was für Gründen dieses Dogma ruht, indem es heißt: Novas species dari in vegetabilibus negat generatio continuata, propagatio, observationes quotidianae, cotyledones.

Trotz alledem wurde von den Nachfolgern Jussieu's ein großer Schritt vorwärts gethan: mit derselben Sicherheit und Präcision, wie Linné die Species und Gattungen umgrenzt hatte, wurden jetzt noch größere Gruppen von Gattungen, die Familien umgrenzt und durch Merkmale charakterisirt. Auch gelang es, verschiedene größere natürliche Verwandtschaftsgruppen wie die der Monocotylen und Dicotylen klar zu stellen, der Unterschied der Cryptogamen und Phanerogamen wurde nach und nach besser gewürdigt, obgleich ein Abschluß in dieser letzten Richtung deßhalb unmöglich war, weil man die Cryptogamen durchaus auf das Schema der Phanerogamen zurückführen wollte. Das größte Hinderniß für den Fortschritt der Systematik in dieser Periode lag jedoch wenigstens Anfangs in der mangelhaften Morphologie, wie sie in Linné's Nomenclatur und in seiner Metamorphosenlehre enthalten war. Einen großen Fortschritt allerdings bewirkte De Candolle schon im zweiten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts durch die Aufstellung seiner Lehre von der Symmetrie der Pflanzen, einer Lehre, welche man vielfach unterschätzt hat, wohl bloß des

Namens wegen, denn ihrem Inhalte nach ist De Candolle's Symmetrielehre wesentlich eine vergleichende Morphologie und im Grunde seit Jungius der erste ernsthafte Versuch einer solchen, der in der That mit großem Erfolg gekrönt war; eine Reihe der wichtigsten morphologischen Wahrheiten, welche gegenwärtig jedem Botaniker geläufig sind, wurden zuerst in De Candolle's Symmetrielehre 1813 ausgesprochen. Aber freilich Eines fehlte nicht nur bei Jussieu und De Candolle, sondern mit Ausnahme Robert Brown's bei allen Systematikern dieser Periode und dieses Eine war die Entwicklungsgeschichte. Die Vergleichung der fertigen Formen führt zwar, wie die Geschichte der Morphologie und Systematik dieses Zeitraums zeigt, zur Erkenntniß zahlreicher und höchst wichtiger morphologischer Thatsachen; so lange man aber fertig ausgebildete Organismen vergleicht, wird die morphologische Betrachtung immer dadurch gestört, daß die zu vergleichenden Organe bestimmten physiologischen Functionen angepaßt sind, wodurch ihr wahrer morphologischer Charakter oft ganz unkenntlich gemacht wird; je jünger dagegen die Organe sind, desto mehr tritt dieser Uebelstand zurück und wesentlich darin liegt der große Vortheil der Entwicklungsgeschichte für die Morphologie. Als einer der charakteristischen Züge der hier behandelten Periode muß also hervorgehoben werden, daß die Morphologie an den fertigen Formen sich weiter ausbildete; die Entwicklungsgeschichte dagegen, wenigstens in so weit es sich um sehr frühe Jugendzustände handelt, konnte schon deßhalb bis in die vierziger Jahre hinein nicht nutzbar gemacht werden, weil die Kunst des Microscopirens, die hier unerläßlich ist, erst in den Jahren nach 1840 soweit ausgebildet wurde, um die erste Entstehung der Organe zu verfolgen.

Feststellung der natürlichen Verwandtschaften mit der Annahme der Constanz der Arten und Ausbildung der vergleichenden Morphologie ohne Entwicklungsgeschichte, endlich die sehr untergeordnete Aufmerksamkeit, welche man den Cryptogamen noch immer schenkte, sind die vorwiegend charakteristischen Merkmale der nun ausführlicher zu besprechenden Periode.

Es muß hier noch einmal darauf hingewiesen werden, daß es Linné war, der zuerst erkannte, daß auf dem von Caesalpin und seinen Nachfolgern betretenen Wege ein System als Ausdruck der natürlichen Verwandtschaften nicht gewonnen werden könne. Wer Linné's Schriften seit dem Erscheinen seiner Classes plantarum 1738 aufmerksam studirte, dem mußte der Unterschied zwischen jenem Wege und dem von Linné empfohlenen um so deutlicher werden, als dieser selbst ein künstliches System nach a priori festgesetzten Eintheilungsgründen wie seine Vorgänger aufstellte und für den praktischen Gebrauch bei der Pflanzenbeschreibung überall benutzte; während er gleichzeitig schon in dem genannten Werk sein Fragment eines natürlichen Systems mittheilte und zugleich in der Vorrede dazu die Eigenthümlichkeiten des natürlichen Systems dem künstlichen gegenüber schlagend hervorhob. Das Erste und Letzte, heißt es in den Vorbemerkungen zu seinem Fragment, was in der systematischen Botanik gefordert wird, ist die natürliche Methode, welche allerdings von den weniger gelehrten Botanikern gering, von den einsichtigeren dagegen immer hochgestellt worden ist, die aber freilich bis jetzt noch nicht entdeckt wurde. Wenn man aus allen (bis 1738) vorhandenen Systemen die natürlichen Ordnungen sammle, so erhalte man nur eine geringe Zahl wirklich verwandter Pflanzen, obgleich so viele Systeme als natürliche proklamirt worden seien. Lange habe auch er an der Auffindung der natürlichen Methode gearbeitet, auch manches Neue darin gefunden, sie ganz durchzuführen sei ihm jedoch nicht gelungen, fortsetzen aber werde er sie sein ganzes Leben lang. Ganz besonders treffend ist seine Bemerkung: ein Schlüssel (d. h. a priori bestimmte Eintheilungsgründe) könne für die natürliche Methode nicht gegeben werden, bevor nicht alle Pflanzen bereits in Ordnungen gebracht seien. Hier gelte keine Regel a priori, weder der eine noch der andere Theil der Fructification, sondern allein die einfache Symmetrie (simplex symmetria) aller Theile, welche oft durch besondere Merkmale angedeutet werde. Denen, welche es versuchen wollen, einen Schlüssel zu dem natürlichen

System zu finden, gibt er den Rath, daß Nichts allgemeineren Werth habe als die Stellungsverhältnisse, besonders des Samens und in diesem besonders das punctum vegetans, wobei er ausdrücklich auf Caesalpin verweist. Er selbst stelle hier keine Klassen, sondern nur Ordnungen auf; seien diese einmal festgestellt, so werde es leicht sein, die Klassen zu finden. Deutlicher als es in diesen Sätzen geschehen ist, konnte in jener Zeit das Wesen des natürlichen Systems nicht dargelegt werden. Er stellte nun, wie erwähnt, 1738 bereits 65 natürliche Ordnungen auf, die er zunächst einfach numerirte; aber schon in der ersten Auflage der Philosophia botanica 1751, wo er die Zahl auf 67 vermehrte, gab er jeder einzelnen Gruppe einen besonderen Namen und auch bei dieser Namengebung zeigte sich wieder Linné's classificatorischer Takt, indem er die Namen entweder von wirklich charakteristischen Merkmalen ableitete, oder was noch besser war, einzelne Gattungen herausgriff und ihre Namen so umänderte, daß sie als Verallgemeinerungen für eine ganze Gruppe gelten konnten. Viele dieser Bezeichnungen sind noch jetzt im Gebrauch, wenn auch der Umfang und der Inhalt der natürlichen Gruppen sich wesentlich geändert hat. Diese Art der Namengebung ist aber deßhalb von großem Gewicht, weil sich darin der Grundgedanke ausspricht, daß die verschiedenen Gattungen einer solchen Gruppe gewissermaßen als abgeleitete Formen aus der zur Benennung herausgegriffenen betrachtet werden. Viele von Linné's Ordnnngen bezeichnen in der That natürliche Verwandtschaftskreise, wenn auch freilich sehr häufig einzelne Gattungen eine unrichtige Stelle finden, jedenfalls aber ist Linné's Fragment das bei weitem natürlichste System, welches bis 1738 oder wenn man will bis 1751 aufgestellt worden ist. Von der Aufzählung C. Bauhin's unterscheidet sich diese dadurch, daß die Gruppen nicht unbegrenzt in einanderlaufen, sondern scharf abgegrenzt und durch Namen fixirt sind.

Deutlich tritt in dieser Aufzählung das Streben hervor, zunächst die Monocotylen, dann die Dicotylen und schließlich die Cryptogamen einander folgen zu lassen; daß die frühere schon von

Jungius und Rivinus abgewiesene, aber bei Tournefort und Ray noch beibehaltene Eintheilung in Bäume und Kräuter auch in dem natürlichen System Linné's verschwunden ist, versteht sich nach dem bisher über ihn Gesagten sozusagen von selbst und fortan war dieser alte Unfug für immer beseitigt.

Manche Verbesserungen sowohl bezüglich der Namengebung als auch in der Zusammenstellung und Aufeinanderfolge, aber freilich auch manche auffallende Verstöße gegen die natürliche Verwandtschaft finden wir in der Anordnung des Bernard de Jussieu [1]) von 1759. Dieser hatte theoretische Betrachtungen über das System überhaupt nicht publicirt, vielmehr gab er seinen Vorstellungen von den Verwandtschaftsverhältnissen des Pflanzenreiches in der Anpflanzung der Gewächse des königlichen Gartens von Trianon und in den Garten-Catalogen Ausdruck. Sein Neffe gab später 1789 in den Genera plantarum die Aufzählung seines Onkels mit der Jahreszahl 1759, wie oben angegeben. Ich will diese Aufzählung hier nicht reproduciren, da für unseren Zweck der Unterschied gegenüber der Linné'schen nicht groß genug erscheint. Doch ist hervorzuheben, daß Bernard de Jussieu mit den Cryptogamen beginnt, durch die Monocotylen zu den Dicotylen übergeht und mit den Coniferen schließt. Wir können hier die Prioritätsansprüche Adanson's dem Bernard de Jussieu gegenüber (Histoire de la Botanique de Michel Adanson, Paris 1864 p. 36) als für unsern Zweck ganz unerheblich übergehen. Eine irgendwie beachtenswerthe Förderung erfuhr das natürliche System durch Adanson nicht; wie wenig derselbe übrigens das Wesen desselben und die Methode der Forschung auf diesem Gebiete durchschaute, geht zur Genüge aus

[1]) Bernard de Jussieu geb. zu Lyon 1699, anfangs praktischer Arzt, durch Vaillants Vermittlung nach Paris berufen und nach dessen Tode Professor und Demonstrator am Jardin royal. Er war mit Peissonel einer der ersten, welche sich gegen die pflanzliche Natur der Corallen erklärten. In seiner Eloge (hist. de l'Acad. Roy. des sc. Paris 1777) wird ausdrücklich erwähnt, daß Bernard de Jussieu seine natürlichen Familien nach dem Linné'schen Fragment aufgestellt habe. Er starb 1777.

der Thatsache hervor, daß er nach einzelnen Merkmalen nicht weniger als 65 verschiedene künstliche Systeme aufstellte, in der Voraussetzung, daß auf diese Weise die natürlichen Verwandtschaften als Schlußeffekt sich von selbst ergeben müßten, was um so überflüssiger war, als die Betrachtung der seit Caesalpin aufgestellten Systeme die Nutzlosigkeit eines solchen Verfahrens ohnehin darthun mußte.

Die erste große Förderung erfuhr das natürliche System durch **Antoine Laurent de Jussieu** [1] (1748—1836). Daß er so wenig wie sein Onkel das natürliche System erfunden oder begründet habe, bedarf nach allem bisher in unserer Geschichte Gesagten keines weiteren Beweises. Sein wirkliches Verdienst aber besteht darin, daß er zuerst die kleineren Gruppen desselben, welche wir nach jetzigem Sprachgebrauch als Familien bezeichnen würden, die er jedoch Ordnungen nannte, mit Diagnosen versah. Es ist nicht uninteressant, hier zu beachten, wie Casp. Bauhin zuerst die Species zwar mit Diagnosen versah, die Gattungen benannte, aber nicht charakterisirte, wie dann Tournefort die Gattungen mit Merkmalen umgrenzte, wie Linné nun zunächst die Gattungen gruppirte und die Gruppen einfach benannte, ohne sie durch Merkmale zu charakterisiren und wie nun endlich Antoine Laurent de Jussieu zu den der Hauptsache nach erkannten Familien die charakteristischen Diagnosen hinzufügte. So lernte man nach und nach aus ähnlichen Formen die gemeinsamen Merkmale abstrahiren und immer größer wurden die Formenkreise, deren gemeinschaftliche Merkmale herauszuheben gelang, es vollzog sich so ein inductiver Prozeß, vom Einzelnen zum Allgemeineren fortschreitend.

---

[1] A. L. de Jussieu, zu Lyon geboren kam 1765 zu seinem Onkel Bernard nach Paris. — 1790 wurde er Mitglied der Municipalität und bis 1792 mit der Verwaltung der Hospitäler beauftragt. Als 1802 die Annales du Museum ins Leben traten, nahm er seine botanischen Arbeiten wieder auf. Seit 1826 trat sein Sohn Adrien d. J. an seine Stelle am Museum ein. (Vergl. seine biogr. von Brongniart in Ann. des sc. nat. T. VII. 1837.)

Es könnte scheinen, als ob A. L. de Jussieu's Verdienst zu klein dargestellt würde, wenn man als seine hauptsächliche Leistung rühmt, daß er die Familien zuerst mit Diagnosen versehen habe, allein dieses Lob wird nur denen zu gering erscheinen, welche die Schwierigkeit einer derartigen Arbeit nicht kennen; es gehörten sehr sorgfältige und lange fortgesetzte Untersuchungen dazu, um herauszufinden, welche Merkmale einer natürlichen Gruppe wirklich gemeinschaftlich zukommen. Und die zahlreichen monographischen Arbeiten Jussieu's zeigen, wie ernst er diese Aufgabe nahm; es ist aber außerdem hervorzuheben, daß er in Folge dieser großen Sorgfalt nicht blos die schon von Linné und seinem Onkel aufgestellten Familien und deren Umgrenzungen aufnahm, sondern daß er sie auch besser umgrenzte daher viele neue Familien aufstellte und zuerst den Versuch machte, diese selbst in größere Gruppen einzutheilen, die er Classen nannte. Diesen Schritt that er jedoch mit geringem Erfolge. Auch sein Versuch, das ganze Pflanzenreich in seiner gesammten Hauptgliederung darzustellen, die Classen selbst in höhere Gruppen zu vereinigen, war insoferne mißglückt, als diese größeren Abtheilungen offenbar künstliche blieben. Die drei größten Abtheilungen dagegen, in welche das ganze Pflanzenreich bei ihm unmittelbar zerfällt, die der Acotyledonen, der Monocotyledonen und Dicotyledonen waren zum Theil schon von Ray, dann aber durch Linné's Bestrebungen und schließlich durch Bernard de Jussieu's Aufzählungen als natürliche Gruppen vorgezeichnet. Immerhin bleibt es ein namhaftes Verdienst Jussieu's, daß er zuerst den Versuch machte, an die Stelle der bloßen Aufzählungen kleinerer einander koordinirter Gruppen eine wirkliche Eintheilung des ganzen Pflanzenreiches in größere und graduell subordinirte Gruppen zu versuchen, was Linné ausdrücklich als über seine Kräften gehend bezeichnet hatte. Gibt nun auch Jussieu's System noch bei Weiten keine genügende Einsicht in die Verwandtschaftsverhältnisse der großen Abtheilungen des Pflanzenreichs, so traten doch schon vielfach die wichtigen Gesichtspuncte hervor, nach denen dieselben später

aufgefunden werden konnten, und unzweifelhaft ist dieses System die Grundlage für alle weiteren Fortschritte auf dem Gebiet der natürlichen Systematik geworden; deshalb ist es aber auch nöthig, hier eine Uebersicht desselben folgen zu lassen.

A. L. de Jussieu's System 1789.

					Classe
Acotyledones					I.
Monocotyledones		Stamina	hypogyna		II.
			perigina		II.
			epigyna		IV.
Dicotyledones	Apetalae	Stamina	epigyna		V.
			perigyna		VI.
			hypogyna		VII.
	Monopetalae	Corolla	hypogyna		VIII.
			perigyna		IX.
			epigyna	antheris connatis	X.
			epigyna	antheris distinctis	XI.
	Polypetale	Stamina	epigyna		XII.
			hypogyna		XIII.
			perigyna		XIV.
	Diclines irregulares				XV.

Diese Uebersicht zeigt, daß Jussieu die Cryptogamen, welche er als Acotyledones bezeichnet, nicht der Gesammtheit der Phanerogamen gegenüberstellte, wie es bereits Ray, der sie als Imperfectae einführte, gethan hatte; vielmehr betrachtet Jussieu die Gesammtheit der Acotyledonen als eine den Monocotylen und Dicotylen coordinirte Classe; dieser Fehler aber oder doch ähnliche fehlerhafte Anschauungen gehen durch die ganze Systematik bis in die vierziger Jahre hinein, erst durch die von Nägeli begründete Morphologie und durch die embryologischen Untersuchungen Hofmeister's wurde es klar, daß die Cryptogamen in mehrere Abtheilungen zerfallen, welche ihrerseits den Monocotylen und Dicotylen coordinirt sind. Die Bezeichnung der Cryptogamen Linné's mit dem Worte Acotyledones zeigt aber zugleich, daß Jussieu die Bedeutung der Cotyledonen in ihrem systematischen Werth weit

überschätzte und zwar, wie die Einleitung zu seinem Genera plantarum zeigt, deßhalb, weil ihm der große Unterschied zwischen den Sporen der cryptogamischen Pflanzen und den Samen der Phanerogamen völlig dunkel war. Jussieu stand überhaupt in seiner Auffassung der Generationsorgane noch wesentlich auf Linné's Standpunkt, von welchem aus die Cryptogamen nach dem Schema der Phanerogamen beurtheilt, in ihrer Eigenartigkeit also nicht erkannt und deßhalb wesentlich durch negative Merkmale charakterisirt wurden.

Betrachtet man nun in der vorstehenden Uebersicht die Art wie die Phanerogamen in Classen zerlegt werden, so fällt es auf, daß die Dreitheilung in Hypogyne, Perigyne und Epigyne nicht weniger als 4 mal wiederkehrt, ein Zeichen, wie sehr Jussieu den classificatorischen Werth dieser Merkmale verkannte; und zudem hätte die viermalige Wiederkehr derselben Dreitheilung schon Zweifel an dem systematischen Werth dieses Verfahrens erregen sollen. Um sein System indessen genauer beurtheilen zu können, ist es nöthig, auch die Reihenfolge seiner Familien hier anzuführen, deren Zahl Jussieu bereits auf 100 vermehrt hat.

Classis I.

1. Fungi
2. Algae
3. Hepaticae
4. Musci
5. Filices
6. Najades

Classis II.

7. Aroideae
8. Typhae
9. Cyperoideae
10. Gramineae

Classis III.

11. Palmae
12. Asparagi
13. Junci
14. Lilia
15. Bromeliae
16. Asphodeli
17. Narcissi
18. Jrides

Classis IV.

19. Musae
20. Cannae
21. Orchides
22. Hydrocharides

Classis V.

23. Aristolochiae

Classis VI.

24. Elaeagni
25. Thymeleae
26. Proteae
27. Lauri
28. Polygoneae
29. Atriplices

Classis VII.

30. Amaranthi
31. Plantagines
32. Nyctagines
33. Plumbagines

Classis VIII.

34. Lysimachiae
35. Pediculares
36. Acanthi
37. Jasjmineae
38. Vitices
39. Labiatae
40. Scrophulariae
41. Solaneae
42. Borragineae
43. Convolvuli
44. Polemonia
45. Bignoniae
46. Gentianae
47. Apocineae
48. Sapotae

Classis IX.

49. Guajacanae
50. Rhododendra
51. Ericae
52. Campanulaceae

Classis X.

53. Cichoraceae
54. Cinarocephalae
55. Corymbiferae

Classis XI.

56. Dipsaceae
57. Rubiaceae
58. Caprifolia

Classis XII.

59. Araliae
60. Umbelliferae

Classis XIII.

61. Ranunculaceae
62. Papaveraceae
63. Cruciferae
64. Capparides
65. Sapindi
66. Acera
67. Malpighiae
68. Hyperica
69. Guttiferae
70. Aurantia
71. Meliae
72. Vites
73. Gerania
74. Malvaceae
75. Magnoliae
76. Anonae
77. Menisperma
78. Berberides
79. Tiliaceae
80. Cisti
81. Rutaceae
82. Caryophylleae

Classis XIV.

83. Sempervivae
84. Saxifragae
85. Cacti
86. Portulaceae
87. Fycoideae
88. Onagrae
89. Myrti
90. Melastomae
91. Salicariae
92. Rosaceae
93. Leguminosae
94. Terebinthaceae
95. Rhamni

Classis XV.

96. Euphorbiae
97. Cucubitaceae
98. Urticae
99. Amentaceae
100. Coniferae

Sehen wir von der Stellung der Najadeen ab, so bietet Jussieu's Eintheilung der Cryptogamen und Monocotylen schon viel Befriedigendes dar. Größtentheils mißlungen ist dagegen die Gruppirung der Dicotylen, vorwiegend in Folge des übergroßen Gewichtes, welches Jussieu auf die Insertion der Blüthentheile d. h. auf die hypogynische, perigynische, epigynische Anordnung derselben legte. In dieser Zusammenstellung der Familien zu Classen liegt die schwache Seite von Jussieu's System, sie ist durchaus künstlich und die Aufgabe der Nachfolger war es nun, die in der Hauptsache festgestellten Familien der Phanerogamen, vorwiegend der Dicotylen, in größere natürliche Verwandtschaftskreise zusammenzuordnen. Dieß konnte aber erst geschehen, wenn die Morphologie der Systematik neue Gesichtspuncte eröffnete; Jussieu nämlich stand wie erwähnt, in der Morphologie der Fructificationsorgane der Phanerogamen noch wesentlich auf Linné's Standpunct, wenn er auch immerhin im Einzelnen Vieles verbesserte. Er legte größeren Werth auf die Zahlen und relativen Stellungsverhältnisse der verschiedenen Blüthentheile; die Beachtung der Insertion derselben an der Blüthenaxe, die er als hypogyne, epigyne und perigyne bezeichnete, wäre ein großer Fortschritt gewesen, wenn er sie in ihrem systematischen Werth nicht überschätzt hätte. Die Morphologie der Frucht aber leidet bei Jussieu an großer Oberflächlichkeit, selbst die Bezeichnung trockener Schließfrüchte als nackte Samen kehrt in den Diagnosen wieder, wenn auch freilich diese unrichtige Auffassung nicht gerade auffallende Störungen verursacht. Wie schlimm es noch immer mit der genaueren Untersuchung der Fructificationsorgane, wenn dieselben nur einigermaßen klein und unscheinbar sind, aussah, zeigt sich am besten darin, daß die Najadeen, denen auch Hippuris, Chara, Callitriche beigezäht sind, unter den Acotyledones figuriren und daß den Filices auch Lemna und die Cycadeen beigezählt sind.

Den Satz: Natura non facit saltus, deutete auch Jussieu noch in dem Sinne, daß sämmtliche Pflanzen in ihrer natür

lichen Anordnung eine geradlinige, von den unvollkommensten zu den höchsten aufsteigende Reihe darstellen müßten; Er läßt es aber unentschieden, ob nicht auch Linné's Vergleichung des natürlichen Systems mit einer geographischen Karte, deren Länder den Ordnungen und Classen entsprechen, zuzulassen sei.

Die theoretischen Darlegungen Jussieu's Betreffs der systematischen Auswerthung gewisser Merkmale haben wenig Anziehendes und sind meist nicht sehr zutreffend; er behandelt die Sache so, als ob gewisse Merkmale überhaupt einen umfassenderen, andere einen weniger umfassenden Werth haben müßten; insoweit dies nun thatsächlich der Fall ist, beruht die Erkennung dieses Verhaltens aber ganz und gar auf Induction; d. h. nachdem die natürlichen Verwandtschaften bereits bis zu einem gewissen Grade erkannt sind, zeigt sich, daß gewisse Merkmale in mehr oder minder großen Gruppen constant bleiben; der Systematiker kann nun ferner probiren, ob solche constante Merkmale vielleicht auch bei anderen Pflanzen vorkommen, welche er bisher andern Verwandtschaftskreisen zugezählt hatte und so probeweise versuchen, ob sich mit jenen Merkmalen etwa noch andere verbinden, aus denen die Verwandtschaftsverhältnisse constatirt werden können; daß Jussieu bei der Umgrenzung seiner Familien so verfahren ist, leidet keinen Zweifel, doch war er sich dessen nicht ganz klar, und jedenfalls dehnte er dieses Verfahren, leitende Merkmale aufzusuchen, nicht aus auf die Feststellung größerer Gruppen oder Classen die er nach a priori aufgestellten Gründen eintheilte.

Jussieu's Thätigkeit als Systematiker war jedoch mit der Herausgabe seiner Genera plantarum nicht abgeschlossen, vielmehr begannen erst nach 1802 seine fruchtbarsten Untersuchungen, die er in einer langen Reihe von Monographieen verschiedener Familien in den Mémoires du museum bis zum Jahre 1820 niederlegte. Er fühlte so gut, wie gleichzeitig De Candolle und Robert Brown und die späteren Systematiker, daß es sich für den Ausbau des natürlichen Systems vor Allem um eine sorgfältige Feststellung und Begrenzung der Familien handelte. Einen neuen Anstoß erhielten aber Jussieu's Bestrebungen

durch das Werk eines deutschen, dessen erster Band bereits 1788 also ein Jahr vor den Genera plantarum erschienen war, dessen zweiter Band 1791 folgte. (Ein Suplement erschien 1805.)

Dieses Werk ist **Joseph Gärtner's**[1]) Carpologie: De fructibus et seminibus plantarum, in welchem die Früchte und Samen von mehr als 1000 Pflanzengattungen beschrieben und sorgfältig abgebildet sind. Fast wichtiger als diese zahlreichen Einzelbeschreibungen, die den Systematikern von Fach ein reiches Material darboten, sind aber die Einleitungen zu den beiden ersten Bänden, besonders die vom Jahre 1788. Abgesehen von werthvollen Betrachtungen über die Sexualität der Pflanzen, welche seit Rudolph Jacob Camerarius 1694 erst wieder durch Kölreuter seit 1761 eine sehr namhafte Förderung erfahren hatte, seitdem aber wenig bearbeitet worden war; begründete Gärtner in der umfangreichen Einleitung die Morphologie der Früchte und Samen, welche seit Malpighi's und Grew's Zeit eher Rückschritte als Fortschritte gemacht hatte; Gärtner war dazu nicht bloß durch seine bis dahin unerhörte Formenkenntniß der Früchte, sondern noch mehr durch seine geistigen Anlagen befähigt: ganz frei von den scholastischen Neigungen Linné's, trat er an die Untersuchung der schwierigsten Organe der Pflanze mit eben so großer Unbefangenheit als genauer Literaturkenntniß heran; Joseph Gärtner macht, abgesehen

---

[1]) Joseph Gärtner geb. zu Calw in Württemberg 1732, gestorben 1791; studirte seit 1751 in Göttingen, wo er auch Haller hörte. Um berühmte Naturforscher kennen zu lernen, reiste er nach Italien, Frankreich, Holland, England; er beschäftigte sich auch mit Physik und Zoologie; 1760 wurde er Professor der Anatomie in Tübingen, 1768 als Prof. der Botanik nach St. Petersburg berufen, von wo er jedoch schon 1770 des ihm unzuträglichen Clima's wegen nach Calw zurückkehrte, um sich der bereits dort angefangenen Carpologie ganz zu widmen. Banks und Thunberg, der eine von einer Weltumsegelung, der andere aus Japan zurückgekommen. übergaben ihm ihre Fruchtsammlungen. Das beständige Beobachten, z. Th. mit dem Mikroskop, brachte ihn in Gefahr zu erblinden, (vergl. die anziehende Biographie von Chaumeton in der Biographie universelle).

von Kölreuter, in weit höherem Grade als irgend ein Botaniker des 18. Jahrhunderts den Eindruck eines modernen Naturforschers. Was er aus seinen zahlreichen einzelnen Untersuchungen als allgemein werthvoll abstrahirte, verstand er auch in durchsichtiger und übersichtlicher Form darzustellen. Obgleich man leicht erkennt, daß ihm als letztes Ziel seiner langwierigen Arbeit die Begründung des natürlichen Systems vorschwebte, so überstürzte er sich doch keineswegs mit der Aufstellung eines solchen; er begnügte sich vielmehr damit, die Fruchtformen selbst übersichtlich zu ordnen, indem er ausdrücklich hervorhob, daß auf diesem Wege allein das natürliche System nicht begründet werden könne, wenn auch immerhin die genaue Kenntniß der Früchte und Samen die wichtigsten Mittel zur Entscheidung an die Hand gebe. So wurde sein großes Werk einerseits eine unerschöpfliche Fundgrube von einzelnen wohl constatirten Thatsachen, andererseits aber der Wegweiser in die Morphologie der Fructifications-Organe und deren Verwendung in der Systematik. Die Unvollkommenheiten, welche auch diesem Werk nicht fehlten, sind in der damaligen Zeitlage begründet: die trotz Schmiedel's und Hedwig's Untersuchungen über die Moose noch immer bestehende Unklarheit über die Fortpflanzungsorgane der Cryptogamen erschwerte in höchstem Grade eine richtige Begrenzung der Begriffe Same und Frucht; obwohl gerade in dieser Beziehung Gärtner einen großen Schritt vorwärts that, indem er zeigte, daß die Sporen der Cryptogamen, die man bis dahin den Samen der Phanerogamen gleichgestellt hatte, von diesen ganz wesentlich verschieden sind, insofern sie einen Embryo nicht enthalten. Er nannte sie daher nicht Samen, sondern Gemmen. Das zweite große Hinderniß, welches sich der richtigen Auffassung gewisser Eigenschaften der Früchte und Samen bei Gärtner entgegenstellte, war die völlige Unbekanntschaft mit der Entwicklungsgeschichte in jener Zeit; aber auch hier findet man bei ihm schon einen wenn auch unbedeutenden Fortschritt, insofern er mehrfach zur richtigeren Auffassung der Organe auf die Jugendzustände zurückgeht.

Vor Allem machte Gärtner dem noch immer bestehenden

Unfug, die trockenen Schließfrüchte als nackte Samen zu bezeichnen, ein Ende, indem er den Begriff des Pericarpiums als der reif gewordenen Fruchtknotenwand richtig verallgemeinerte, die kräftige oder schwache Ausbildung derselben, die trockene oder pulpöse Beschaffenheit als Nebensache erkannte. Daß dadurch auch die ganze Theorie der Blüthe insoferne trockene Schließfrüchte aus unter- oder oberständigen Fruchtknoten entstehen können, auf eine bessere Grundlage gestellt wurde, leuchtet sofort ein. Zu den verdienstvollsten Leistungen Gärtner's aber gehört seine Theorie des Samens. Nach einer sorgfältigen Untersuchung der Samenhüllen wird der davon umschlossene Kern (nucleus) einer auf eingehender Vergleichung beruhenden Betrachtung unterzogen; das Endosperm von den Cotyledonen richtig unterschieden, die Verschiedenheiten seiner Form und Lage dargestellt. Dieß war um so nöthiger, als Linné die Existenz eines „Albumens" bei den Pflanzen, welches Grew bereits erkannt und mit diesem Namen belegt, deshalb geleugnet hatte, weil es für den Samen nutzlos sei. Obgleich Gärtner die Cotyledonen neben dem Embryo als Bestandtheil des Samenkerns aufführt, zeigt seine Darstellung doch, daß er sie als Auswüchse des Embryos selbst betrachtete. Die Unsicherheit, welche damals noch in der Deutung der Samentheile bestand, zeigt sich jedoch bei Gärtner in der Aufstellung des wunderlichen Begriffes vitellus, der im Grunde alles das umfaßt, was er innerhalb des Samens nicht recht zu deuten wußte; so ist ihm z. B. das scutellum der Gräser aber auch der Cotyledonarkörper von Zamia ein vitellus und bei den Sporen der Fucaceen, Moose und Farne wird sogar der ganze Inhalt als vitellus bezeichnet. Trotz der auffallenden mit diesem Irrthume verbundenen Mängel seiner Samentheorie überragt diese doch an Klarheit und Consequenz bei Weitem Alles, was bis dahin geleistet worden war. In logischer und formaler Beziehung war es auch ein Fortschritt, daß Gärtner den entwicklungsfähigen Theil im Samen als den Embryo bezeichnete, wenn es auch immerhin ein Fehler blieb, daß er die mit dem Embryo verwachsenen Cotyledonen

nicht mit in den Begriff desselben hineinzog, was sich jedoch später leicht corrigiren ließ. Das, was Gärtner jetzt Embryo nannte, war bisher besonders auch von Linné und Jussieu als corculum seminis bezeichnet worden; offenbar glaubte man damit Caesalpin's Sprachgebrauch festgehalten zu haben, der jedoch, wie wir sahen, als cor seminis die Stelle betrachtete, wo die Cotyledonen aus dem Keim entspringen, welche Stelle Caesalpin fälschlich für die Grenze von Wurzel und Stammtheil und dementsprechend für den Sitz der Pflanzenseele hielt. So war endlich nach 200 Jahren auch das Wort beseitigt, welches noch an die Anschauungen Caesalpin's betreffs der Pflanzenseele erinnern konnte.

In Deutschland, wo ungefähr 30 Jahre früher auch die glänzenden Untersuchungen Kölreuter's wenig Anklang gefunden hatten, wo 1793 Conrad Sprengel's merkwürdige Untersuchungen über die Beziehungen des Blüthenbaues zur Insectenwelt unverstanden blieben; konnte auch ein Werk, wie das in Rede stehende von Gärtner, kaum einen fruchtbaren Boden finden; wie er im zweiten Theil 1791 sich beklagt, waren in drei Jahren von dem ersten epochemachenden Bande noch nicht 200 Exemplare gedruckt. Desto mehr Anklang fand Gärtner's Werk in Frankreich, wo die Academie es unter denjenigen, welche in letzter Zeit den Wissenschaften den meisten Gewinn gebracht hatten, als das zweite bezeichnete; dort lebte eben der Mann, der den ganzen Werth einer solchen Arbeit zu ermessen vermochte, Antoine Laurent de Jussieu. Doch fehlte es auch in Deutschland, wo übrigens die Einzelbeschreibung behaglich fortwucherte, nicht ganz an Männern, welche Gärtner's Leistung ebenso wie die Bedeutung des natürlichen Systems zu schätzen wußten. So vor Allem A. J. G. B. Batsch (1761 bis 1802) Professor in Jena, der selbst 1802 eine tabula affinitotum regni vegetabilis mit Charakteristik der Gruppen und Familien herausgab. Noch mehr trug wohl zur Klärung der Ansichten über das Wesen des natürlichen Systems nicht nur, sondern über die Aufgabe der wissenschaftlichen Botanik überhaupt

Kurt Sprengel (geb. 1766, gest. 1833, Professor der Botanik in Halle) durch zahlreiche Arbeiten, ganz besonders aber durch seine Geschichte der Botanik bei, welche 1817—1818 erschien. Wie sehr aber auch dieser vielseitige und gelehrte Mann noch die Linné'sche Ueberschätzung der Einzelbeschreibung theilte, zeigt sich gerade in seiner Geschichte recht schlagend, wenn er, um die Verdienste älterer Botaniker hervorzuheben, Verzeichnisse der von ihnen zuerst beschriebenen Pflanzen mittheilt.

Die verdienstlichen Bemühungen dieser Männer waren indessen weder bahnbrechend an sich, noch vermochten sie das natürliche System in Deutschland zu allgemeiner Anerkennung zu bringen. Dies gelang erst, nachdem dasselbe noch eine beträchtliche Förderung durch die zwei hervorragendsten Botaniker jener Zeit, P. de Candolle und Robert Brown erfahren hatte.

Pyrame de Candolle[1]) (1778 — 1841) gehört zu der

---

[1]) Pyrame De Candolle stammte aus einer provençalischen Familie, die sich früher religiöser Verfolgungen wegen nach Genf geflüchtet hatte, wo sie nunmehr in hohem Ansehen stand und noch steht. Schon als Knabe wurde er mit Vaucher und 1796 bei seinem ersten Besuche in Paris mit Desfontaines und Dolomieu, nach Genf zurückgekehrt auch mit Senebier befreundet; der ältere Saussure, sowie später Biot, dem er bei einer physikalischen Untersuchung half, versuchten, ihn der Physik zu gewinnen. Die Jahre 1798 bis 1808 verlebte er in Paris in lebhaftem Verkehr mit den dortigen Naturforschern. Zahlreiche kleinere Monographieen sowie die Herausgabe der Succulenten besonders aber der neuen Auflage von de la Marck's Flore française fallen in diesen früheren Zeitraum. — 1808 bis 1816 war er Professor der Botanik in Montpellier, von wo aus er zahlreiche botanische Reisen durch alle Gegenden Frankreichs und der Nachbarländer unternahm; neben zahlreichen Monographien schrieb er hier geographisch botanische Werke, besonders aber seine wichtigste Schrift die Théorie élémentaire. Von 1816 — 1841 lebte er wieder in Genf, welches sich 1813 von der 1798 erzwungenen Verbindung mit Frankreich freigemacht hatte. Neben einer botanischen Thätigkeit von unglaublichem Umfang fand De Candolle hier noch Zeit, sich mit Politik und socialen Fragen zu befassen. (Notice sur la vie et les ouvrages de A. P. De Candolle par de la Rive Genève 1845.)

Zahl hervorragender Naturforscher, welche am Ende des vorigen Jahrhunderts und am Anfang des unsrigen ihre Vaterstadt Genf zu einem glänzenden Centrum der Naturwissenschaft erhoben. De Candolle war Zeitgenosse und Landsmann Vaucher's, Theodor de Saussure's, Sennebier's. Es war ganz vorwiegend die physikalische und physiologische Forschung, welche damals in Genf blühte und ihrem Einfluß entzog sich auch Pyrame de Candolle nicht; zu seinen Jugendarbeiten gehörten wichtige Untersuchungen über die Wirkungen des Lichtes auf die Vegetation und was De Candolle später durch sein großes Lehrbuch der Pflanzenphysiologie geleistet hat, wird in der Geschichte dieser Disciplin weiterhin erwähnt werden. Ueberhaupt waren es alle Theile der theoretischen und angewandten Botanik, denen De Candolle seine Aufmerksamkeit zuwandte, wenn auch immerhin seine Bedeutung für die Geschichte unserer Wissenschaft ganz vorwiegend auf Seiten der Morphologie und Systematik liegt und diese soll hier allein ausführlicher dargestellt werden.

Als practischen Systematiker und descriptiven Botaniker bethätigte sich De Candolle in einem Umfang wie keiner vor oder nach ihm; abgesehen von einer Reihe umfangreicher Monographieen großer Familien, gab er de la Marck's große Flore française wesentlich verändert und bereichert neu heraus; und neben zahlreichen anderen derartigen zumal auch pflanzengeographischen Arbeiten gründete er das großartigste Werk der beschreibenden Botanik, welches bis jetzt existirt, den Prodromus systematis naturalis, in welchem alle bis dahin bekannten Species nach seinem natürlichen System geordnet ausführlich beschrieben werden sollen, ein Werk, welches noch jetzt nicht ganz abgeschlossen vorliegt, an welchem sich viele andere descriptive Botaniker der letzten Jahrzehnte betheiligt haben; keiner aber in so umfangreicher Weise wie De Candolle, der allein mehr als 100 Familien bearbeitet hat. Es ist nicht wohl möglich, von dem in solchen Arbeiten liegenden Verdienst in Kürze Rechenschaft zu geben, sie bilden eben die eigentlich empirische Grundlage der

gesammten Botanik und je besser und umsichtiger diese gelegt ist, desto größere Sicherheit gewinnt die ganze Wissenschaft in ihren Fundamenten.

Allein De Candolle erwarb sich vielleicht ein viel größeres Verdienst dadurch, daß er nicht bloß wie Jussieu das System und seine Grundlagen descriptiv bearbeitete, sondern die Theorie der Systematik, die Gesetze der natürlichen Classification mit einer Klarheit und Tiefe entwickelte, wie Niemand vor ihm; zu diesem Zweck aber stützte er sich auf morphologische Untersuchungen, die an Tiefe und Gedankenreichthum, an Fruchtbarkeit für die ganze Systematik bei Weitem Alles übertrafen, was Linné und Jussieu geleistet haben. Man sieht es De Candolle's morphologischen und systematischen Untersuchungen an, daß er neben seiner großartigen descriptiven Thätigkeit den modernen Geist der Naturforschung, wie ihn die französischen Naturforscher am Ende des vorigen Jahrhunderts bethätigten, während seines zehnjährigen Aufenthaltes in Paris in sich aufgenommen hatte. Bei De Candolle ist kaum noch eine Spur des scholastischen Geistes Caesalpin's und Linné's, der auch bei Jussieu noch gelegentlich zum Vorschein kommt, zu finden. Um nur einige Hauptpuncte vorläufig hervorzuheben, sei darauf hingewiesen, daß De Candolle die Morphologie wesentlich als die Lehre von der Symmetrie der Pflanzengestalt behandelte, d. h. er fand die Grundlage der morphologischen Betrachtung in den Stellungs- und Zahlenverhältnissen der Organe, wogegen die physikalisch-physiologischen Eigenschaften derselben als morphologisch werthlos zurücktreten. De Candolle war es daher, der zuerst die so merkwürdige Discordanz der morphologischen Eigenschaften der Organe, welche für die Systematik werthvoll sind und der physiologischen Anpassungen derselben an die Lebensbedingungen erkannte, wenn auch immerhin sogleich gesagt werden muß, daß er diesen Gedanken nicht consequent durchführte, vielmehr bei der Aufstellung seines eigenen Systems sich arge Verstöße dagegen zu Schulden kommen ließ. Ein Punct von ganz hervorragendem Interesse liegt in De Candolle's morpholo-

gischen Betrachtungen insofern, als er zuerst versuchte, gewisse Zahlen- und Formenverhältnisse auf gewisse Ursachen zurückzuführen und so das primär Wichtige in der Symmetrie der Pflanzen von bloß secundären Abweichungen zu unterscheiden, was namentlich in der von ihm begründeten Lehre vom Abortus und von der Verwachsung der Organe hervortritt. In diesen Unterscheidungen legte De Candolle den Grund zu morphologischen Anschauungen, welche, wenn auch zum Theil verändert, noch jetzt die wichtigsten Elemente der Morphologie und natürlichen Systematik enthalten. Indeß bewegten sich die morphologischen Betrachtungen De Candolle's ausschließlich auf dem Gebiete der Phanerogamen und vorwiegend war es die Blüthentheorie, die dadurch gefördert wurde. Bei dem Zustand der Mikroskopie vor 1820 war an eine Morphologie der Cryptogamen ebenso wenig zu denken, wie an die Herbeiziehung der Entwicklungsgeschichte zur Aufstellung morphologischer Theorieen.

Im Zusammenhang hat De Candolle seine Morphologie oder die Lehre von der Symmetrie und seine Theorie der Classification in einem Buch dargestellt, welches unter dem Titel: Théorie élémentaire de la botanique ou exposition des principes de la classification naturelle et de l'art de d'écrire et d'étudier les végétaux zuerst 1813 erschien und 1819 verbessert und vermehrt nochmals herauskam. An diese zweite Auflage werde ich mich bei der weiteren Darstellung seiner Ansichten halten. Von Interesse ist für uns zunächst das zweite Capitel des zweiten Buches. Nachdem er darauf hingewiesen, daß Anatomie und Physiologie es nur mit der Structur des einzelnen Organs für sich, zu thun habe, sofern es durch diese im Stande ist, seine Funktion zu erfüllen, hebt er hervor, daß die physiologische Betrachtung keineswegs mehr hinreicht, wenn es sich um eine Vergleichung der Organe verschiedener Pflanzen handelt. Obgleich es richtig sei, daß die Funktion der Organe für den Bestand des Individuums das Wichtigste sei, so finde man doch an homologen Organen verschiedener Pflanzen gerade die Functionen modificirt; für die natürliche Classification aber sei es

das gesammte Organisationssystem oder die Symmetrie, welche allein in Betracht kommen könne. Alle Organismen eines Reiches, fährt er fort, haben mit leichten Abänderungen dieselben Functionen; die enormen Verschiedenheiten der systematisch verschiedenen Arten beruhen daher nur in der Art und Weise, wie die allgemeine Symmetrie der Structur sich verändert. Diese Symmetrie der Theile, das wesentliche Ziel der Naturforschung, sei weiter Nichts als die Gesammtheit (l'ensemble) der relativen Stellungsverhältnisse der Theile. Jedesmal, wenn diese relativen Stellungsverhältnisse (disposition) nach demselben Plane geregelt sind, bieten die Organismen unter sich eine Art von Gesammtähnlichkeit dar, unabhängig von der Form der Organe im Einzelnen; insofern man diese Gesammtähnlichkeit wahrnimmt, ohne sich über dieselbe im Einzelnen Rechenschaft zu geben, sei es das, was man als habituelle Verwandtschaft bezeichnet habe; Aufgabe der Lehre von der Symmetrie aber sei es, diese habituelle Aehnlichkeit in ihre Elemente zu zerlegen und sich über ihre Ursachen klar zu werden. Ohne dieses Studium der Symmetrie könne es leicht vorkommen, daß zweierlei verschiedene Arten von Symmetrie in Folge ihrer sinnlichen äußerlichen Aehnlichkeit für gleichartig gehalten würden, ähnlich wie man Crystallformen ganz verschiedener Systeme ohne genaue Untersuchung mit einander verwechseln könne; für jede Pflanzenklasse müsse man nun zunächst den Symmetrieplan kennen und das Studium desselben sei die Grundlage einer jeden Theorie der natürlichen Verwandtschaften. Aber der Erfolg dieses Studiums selbst werde bedingt durch die Sicherheit der Unterscheidung der Organe, welche unabhängig von den Veränderungen der Form, Größe und Function sein müsse. Er findet nun, daß die Schwierigkeiten bei der morphologischen Vergleichung der Organe, oder wie wir jetzt sagen würden, bei der Feststellung der Homologie, von drei Ursachen abhängen. Diese liegen in dem Abortus, in der Degeneration und den Verwachsungen (adhérence). Im Verfolg werden nun diese drei Ursachen, durch welche der ursprüngliche Symmetrieplan einer Classe verändert und selbst

unkenntlich gemacht werden kann, an Beispielen ausführlich erläutert.

Betreffs des Abortus unterscheidet er den durch innere Ursachen von dem durch zufällige äußere bewirkten; er weist zunächst auf den Abortus zweier Fruchtfächer bei der Roßkastanie und Eiche hin, auf die Unterdrückung der Terminalknospe mancher Sträucher durch die benachbarten Achselknospen und in ähnlicher Weise können alle Organe der Pflanze abortiren; so schwinden die Sexualorgane vollständig in den Randblüthen von Viburnum Opulus, nur eines beider Geschlechter in der Blüthe von Lychnis dioica u. s. w. Er geht hierauf zur Beantwortung der Frage über, durch welche Mittel man unter solchen Umständen die Symmetrie noch zu erkennen im Stande sei; ein solches findet er in den Monstrositäten, unter denen es auch solche gebe, welche als Rückkehr zur ursprünglichen Symmetrie gelten dürfen, wie die sogenannten Pelorien. Weniger sicher sei die Analogie oder „Induction", dafür aber von viel ausgedehnterer Anwendbarkeit; sie gründe sich ausschließlich auf die Kenntniß der relativen Stellung der Organe. Mit dieser ausgerüstet, finde man, daß die Blüthe von Albuca, die einer ächten Liliaceen-Blüthe nur deßhalb nicht entspricht, weil sie bloß drei Staubfäden besitzt, doch als eine Liliaceen-Blüthe zu betrachten sei, weil zwischen diesen noch drei Fäden stehen, welche genau so wie die drei anderen Liliaceen-Staubfäden gestellt sind. Man müsse also schließen, daß es abortirte Staubfäden sind. Derartige Analogieschlüsse müssen von Species zu Species, von Organ zu Organ geführt werden und thatsächlich hätten es die großen Systematiker auch so gemacht. — In gewissen Fällen werde der Abortus durch mangelhafte, in anderen durch überschüssige Ernährung hervorgerufen, wofür er Beispiele anführt. Wichtig ist der bei dieser Gelegenheit hingestellte Satz: Alles in der Natur lasse uns glauben, daß alle Organismen ihrer innersten Natur nach regelmäßig sind, und daß verschiedene Formen des Abortus, verschieden kombinirt alle Unregelmäßigkeit hervorbringen; unter diesem Gesichtspunkt seien auch die kleinsten Unregelmäßig-

keiten wichtig, weil sie uns viel größere bei nahe verwandten Pflanzen vermuthen lassen und jedesmal, wo es in einem gegebenen Organisationssystem Ungleichheiten zwischen gleichnamigen Organen gibt, wird die Ungleichheit ein Maximum erreichen können, d. h. mit der vollständigen Vernichtung des kleinsten Theiles endigen. So seien es bei den Labiaten mit zwei Staubfäden, die beiden auch sonst kleineren, welche hier vollständig abortiren. Wenn bei den Crassulaceen doppelt so viel Staubfäden als Blumenblätter vorhanden sind, so finde man die mit den letzteren alternirenden größer und zeitiger entwickelt, man werde also erwarten dürfen, daß die anderen vor den Blumenblättern stehenden abortiren können und man werde also eine Gattung, wo die letzteren zuweilen fehlen, wie Sedum, zu jener Familie rechnen dürfen; fände man dagegen bloß die den Blumenblättern superponirten Staubgefäße, so dürfte dieß nicht geschehen. — Es komme vor, daß ein Organ durch theilweisen Abortus verhindert wird, seine Function zu erfüllen. Dafür könne es dann aber eine andere übernehmen, wie die abortirenden Blätter der Wicken und die abortirenden Blüthenrispen des Weinstockes als Ranken verwendet werden u. s. w. In anderen Fällen dagegen erscheine das abortirte Organ geradezu nutzlos, so z. B. viele rudimentäre Blätter ohne Function. Alle derartigen unnützen Organe, sagt de Candolle, existiren nur in Folge der primitiven Symmetrie aller Organe. Endlich kann der Abortus so vollständig sein, daß keine Spur des Organs übrig bleibt, wobei man jedoch zwei Fälle unterscheidet, den einen, wo das Organ anfangs noch merklich ist, später aber ganz verschwindet, wie bei den abortirenden Fruchtfächern der Eiche; in anderen Fällen dagegen finde man von dem abortirenden Organ gleich anfangs keine Spur, wie von dem fünften Staubfaden des Antirrhinum.

Alles bisher Gesagte könnte wörtlich zum Beweis für die Descendenztheorie angeführt werden, aber unser Autor ist ein Anhänger des Dogma's von der Constanz der Arten; was er sich auf seinem Standpunct unter Abortus eigentlich denkt, ist schwer zu sagen, denn es fehlt ihm das Object, welches abortirt.

Sind nämlich die Arten constant, also auch absolut verschiedenen Ursprungs, so dürfte man überhaupt nicht von Abortus reden, sondern man könnte nur sagen, ein Organ, welches bei der einen Species vorhanden oder groß ist, sei bei der anderen klein oder es fehle ganz. Mit der Einführung des Begriffes Abortus überschreitet also De Candolle bereits die Constanz der Arten, freilich ohne sich selbst über diesen wichtigen Schritt klar zu werden. De Candolle's Verfahren zeigt eben, daß die Thatsachen sogar einen Vertheidiger der Constanz wider seinen Willen zu theoretischen Annahmen führen, welche dem Dogma zuwider laufen. Dieß bestätigt sich auch bei seiner Wahrnehmung der Correlation des Wachsthums, die sich mit dem Abortus verbindet; er weist darauf hin, wie durch das Schwinden der Sexualorgane in den Randblüthen von Viburnum Opulus die Blumenkronen, wie ebenso die Deckblätter der abortirten Blüthen von Salvia Horminum sich vergrößern; in ähnlichem Sinne betrachtet er das Schwinden der Samen bei der Ananas, der Banane, dem Brodfruchtbaum als die Ursache der Vergrößerung der Perikarpien; ebenso entgeht ihm nicht, daß bei Rhus Cotinus die fruchtbaren Blüthenstiele nackt bleiben, während an den unfruchtbaren eine elegante Behaarung sich bildet; auch die blattartige Ausbreitung solcher Blattstiele von Acacia heterophylla, welche ihre Lamina nicht entwickeln, führt er auf diese Correlation des Wachsthums zurück. Das merkwürdigste Beispiel dieser Art findet er bei der Füllung der Blumen, wo seiner Ansicht nach das Schwinden der Antheren, die corollinische Ausbildung der Filamente bedingt; ähnlich werde auch zuweilen durch das Schwinden der Narben das Carpell in ein Blumenblatt verwandelt. Obgleich man in manchen dieser Fälle das Causalverhältniß gewiß auch umgekehrt denken kann, so bleibt doch jedenfalls De Candolle's Auffassung derselben unter dem Begriff der Correlation richtig.

Die zweite obengenannte Ursache, durch welche der Symmetrieplan unkenntlich gemacht werden könne, die Degeneration, macht sich in der Bildung von Dornen, fadenförmigen Ver-

längerungen membranösen Ausbreitungen und in der Erzeugung trockenhäutiger oder fleischiger Theile geltend.

Die dritte Art der Abweichungen von dem Symmetrieplan sind, wie oben erwähnt, die Verwachsungen, deren Theorie er zunächst auf die Pfropfung gründet, um dann auf schwierigere Fälle überzugehen; so sei die enge Nachbarschaft der Fruchtknoten gewisser Gaisblattarten die erste Ursache der Verwachsung. Diese beruhe deßhalb nicht auf dem Symmetrieplan, sondern auf einem Zufall, der aber bei der specifischen Beschaffenheit derartiger Pflanzen constant auftritt. Im Zusammenhang mit den Verwachsungserscheinungen betrachtet er nun auch die Frage, ob ein aus mehreren Theilen zusammengesetztes Gebilde, wie z. B. ein mehrtheiliger Fruchtknoten als ursrünglich einfach und erst später in Theile zerlegt zu denken sei oder umgekehrt, es komme eben darauf an, durch Untersuchung zu unterscheiden, welche Auffassung im einzelnen Fall die richtige ist. So lasse sich zeigen, daß die sogenannten durchwachsenen Blätter der Gaisblattarten, ebenso die Involucra mancher Umbelliferen und die sogenannten einblättrigen Kelche und Blumenkronen durch Verwachsung entstanden seien und im weiteren Verfolg zeigt er nun, daß die mehrfächerigen und mehrtheiligen Fruchtknoten ebenfalls durch Verwachsung von zwei oder mehr Fruchtblättern sich bilden und schließt mit dem Hinweis auf die systematische Wichtigkeit derartiger Betrachtungen. Weiterhin kommt er dann auf die Bedeutung der relativen Zahl der Blüthentheile zu reden, ein Capital, welches zwar viel Gutes enthält, aber nicht hinreichend ausgeführt ist; denn erst durch Schimper's Blattstellungslehre wurde es später möglich die Zahlen- und Stellungsverhältnisse in präciserer Weise auszudrücken.

Seine Regeln über die Anwendbarkeit seiner Morphologie auf die Bestimmung der Verwandtschaftsverhältnisse schließt er mit dem Ausspruch: die ganze Kunst der natürlichen Classification bestehe darin, den Symmetrieplan zu erkennen und von all den bisher besprochenen Veränderungen desselben zu abstrahiren, ungefähr so, wie der Mineralog die Grundformen der Krystalle

aus den zahlreichen Ableitungsformen aufzufinden suche. Es ist nicht zu verkennen, daß in all' dem ein großer Fortschritt auf dem richtigen Wege gemacht war, daß De Candolle hier ein wichtiges Princip der Morphologie und Systematik zum ersten Mal ausgesprochen hatte; trotzdem aber gelang es ihm keineswegs, sein eigenes Princip überall consequent durchzuführen; nur bei der Bestimmung der kleinen Verwandtschaftskreise blieb er sich selber treu; bei der Aufstellung der größten Abtheilungen des Pflanzenreichs aber vergaß er vollständig auf den von ihm selbst erwiesenen Satz, daß die morphologische Natur der Organe und ihre systematische Verwerthbarkeit von ihrer physiologischen durchaus unabhängig und daß gerade die physiologisch wichtigsten Eigenschaften für die Bestimmung der Verwandtschaften von ganz untergeordneter Bedeutung sind. Trotz dieser kaum begreiflichen Inconsequenz De Candolle's gebührt doch ihm das Verdienst, zuerst auf den Unterschied der morphologischen und physiologischen Merkmale mit Nachdruck hingewiesen, die Discordanz zwischen morphologischer Verwandtschaft und physiologischem Habitus deutlich hervorgehoben zu haben; in dieser Discordanz aber liegt ein Problem verborgen, welches erst durch Darwin's Selectionstheorie 40 Jahre später gelöst werden konnte. Nur ein ächt inductives Verfahren konnte diese merkwürdigen Beziehungen zwischen morphologischen und physiologischen Eigenschaften der Organe aufdecken. Aber andererseits war De Candolle's Leistung nur deßhalb möglich, weil durch seine Vorgänger bereits eine große Zahl verwandtschaftlicher Beziehungen festgestellt worden war. Indem er die als unzweifelhaft verwandt bereits erkannten Formen genau verglich, offenbarte sich ihm das, was er den Symmetrieplan, was man später den Typus nannte; und indem er diesen selbst genauer betrachtete, mit den habituellen Eigenschaften verschiedener Pflanzen von gleichem Symmetrieplan verglich, fand er gewisse Ursachen, aus denen die Abänderungen zu begreifen sind: den Abortus, die Degeneration und die Verwachsungen; durch deren Beachtung es nunmehr gelang, bisher zweifelhafte oder unbekannte Ver-

wandtschaftsverhältnisse zu entdecken; das war jedenfalls die richtige, inductive Methode, um in der Systematik vorwärts zu kommen; im Grunde hatten auch die früheren Systematiker, soweit sie wirklich Brauchbares producirten, dasselbe Verfahren befolgt, sie waren sich aber über ihr eigenes Thun und Lassen nicht klar geworden; die Methode, welche De Candolle zu klarem Bewußtsein erhob, hatten jene unbewußt befolgt.

Die Mehrzahl von De Candolle's Nachfolgern war indessen weit entfernt, die ganze Bedeutung seiner Theorie, ihre methodische und principielle Wichtigkeit vollständig zu würdigen; vielmehr überließ man sich auch späterhin bei der Aufsuchung der Verwandtschaften mehr einem dunklen Gefühl als einer klar erkannten Methode und leider muß dasselbe von De Candolle selbst behauptet werden, wo es sich um die Aufstellung der großen Abtheilungen des Pflanzenreichs handelt. Mit nicht geringer Ueberraschung findet man in dem genannten Buch, in welchem er die richtige Methode der Systematik entwickelt hat, die Ansicht ausgesprochen, daß für die Hauptabtheilungen des Systems die wichtigsten physiologischen Eigenschaften als Eintheilungsgründe benützt werden müssen und dieser Gedanke wird noch dazu dadurch verdorben, daß er den Organen andere physiologische Eigenschaften, als sie wirklich besitzen, zuschreibt; so betrachtet er die Gefäße als die wichtigsten Ernährungsorgane, was sie in der That gar nicht sind und baut auf diesen doppelten Irrthum seine Haupteintheilung des ganzen Pflanzenreichs in Gefäßpflanzen und gefäßlose Pflanzen und indem er noch einen dritten Fehler begeht, glaubt er, daß diese Eintheilung sich decke mit der in Cotyledonar- und Akotyledonarpflanzen. Die bereits feststehende Eintheilung in Monocotyledonen und Dicotyledonen, die sich auf ein leitendes, rein morphologisches Merkmal stützt, verdirbt De Candolle noch dazu, indem er der Ansicht Desfontaines' folgend, den Dicotyledonen ein anderes Dickenwachsthum als den Monocotylen zuschreibt, jene als exogene, diese als endogene charakterisirt; nun ist aber diese Auffassung, wie Mohl allerdings erst 12 Jahre später bewies, an sich durch-

aus unrichtig, und wenn sie auch richtig wäre, so wäre sie doch systematisch genommen gleichgiltig, weil sie sich auf ein Merkmal von morphologisch ganz untergeordneter Bedeutung bezieht. Die schlimmste Folge dieser Mißgriffe macht sich nun darin geltend, daß in seine Classe der Monocotylebonen auch die Gefäßkryptogamen eintreten, dem Jussieu'schen System gegenüber ein entschiedener Rückschritt. Trotz dieser großen Mängel in der Haupteintheilung des ganzen Pflanzenreichs verdiente De Candolle's System doch den Ruhm, den es sich erwarb und lange erhielt; es besaß nämlich dem System Jussieu's gegenüber den Vorzug, daß innerhalb der größten Abtheilung des Pflanzenreiches, in der Klasse der Dicotylebonen, größere Unterabtheilungen hervortraten, innerhalb welcher vielfach wesentlich verwandte Familien vereinigt waren; die Dicotylen zerfielen nämlich zunächst in zwei künstliche Gruppen, je nachdem eine doppelte oder einfache Blüthenhülle vorhanden ist; die erste, viel größere dieser künstlichen Gruppen aber wurde ihrerseits in eine Reihe von Untergruppen aufgelöst, welche vielfach auf natürliche Verwandtschaften hinwiesen. Daß diese Gruppen, die erst in neuester Zeit wesentlich verändert worden sind, den natürlichen Verwandtschaften schon in hohem Grade Rechnung trugen, kam daher, daß De Candolle bei ihrer Aufstellung seine Theorie wirklich befolgte, während die künstlichen Oberabtheilungen aus der Nichtbeachtung seiner eigenen Regeln hervorgingen.

Gegen die ältere Vorstellung, daß das System des Pflanzenreichs einer geradlinigen Reihe entspreche, eine Vorstellung, welche aus dem mißverstandenem Satz: Natura non facit saltus, entsprang, trat De Candolle sehr entschieden auf, indem er die Unmöglichkeit an Beispielen nachwies; dafür vertiefte er sich nur allzusehr in den von Linné bereits hingeworfenen Gedanken, den auch Giseke, Batsch, Bernardin de Saint-Pierre, L'Heritier, Du Petit-Thouars u. a. theilten, das Pflanzenreich sei bezüglich seiner Gruppirung mit einer geographischen Karte zu vergleichen, auf welcher die Welttheile den Klassen,

die Königreiche den Familien u. s. w. entsprechen. Wenn mit der Vorstellung einer geradlinigen Reihenfolge von den unvollkommensten bis zu den höchsten Pflanzen die Annahme der Descendenz noch bis zu einem gewissen Grade verträglich schien, so ist dagegen durch diese Vergleichung mit einer Landkarte jede derartige Möglichkeit abgeschnitten und die systematische Forschung zugleich auf einen gefährlichen Abweg gebracht, insoferne nämlich bloßen habituellen Aehnlichkeiten, gelegentlichen Analogieen, durch welche eine Pflanzengruppe mit fünf oder sechs anderen verbunden scheint, die Bedeutung wirklicher Verwandtschaftsbeziehungen zuerkannt wird. Für die Darstellung im Buch ließ übrigens De Candolle die geradlinige Reihenfolge als Nothbehelf gelten, da dieß ohnehin Nebensache sei, denn die wahre Aufgabe der Wissenschaft sei, die Symmetrieverhältnisse einer jeden Familie und die gegenseitigen Beziehungen der Familien unter einander zu studiren. Die Reihenfolge jedoch dürfe bei der linearen Darstellung des Systems aus didaktischen Gründen nicht mit den einfachsten Pflanzen beginnen, da diese noch am wenigsten bekannt seien, vielmehr müsse die Darstellung mit den höchstentwickelten Pflanzen anfangen; und so wurde denn durch De Candolle in dem System auch die letzte Spur dessen verwischt, was noch einen Anklang an eine aufsteigende, kontinuirliche Entwicklung der Formen bieten konnte. Auf dem Boden der Constanz jedoch und mit der Annahme, daß jedem Verwandtschaftskreis ein Symmetrieplan zu Grunde liege, um welchen sich die einzelnen Formen wie Krystalle um ihre gemeinsame Grundform gruppiren, waren diese Auffassungen De Candolle's ganz consequent. Es war damit im Pflanzenreich dieselbe Vorstellungsweise zur Herrschaft gebracht, welche De Candolle's Zeitgenosse Cuvier, ein ebenso schroffer Vertheidiger der Constanz, im Thierreich als Typentheorie aufgestellt hatte. So verbanden sich denn bei De Candolle die glänzendsten, auf induktivem Weg gewonnenen Ergebnisse mit dem unfruchtbarem Dogma der Constanz der Arten, welches, wie Lange witzig bemerkt, direkt aus der Arche Noa stammt, zu einem

innigen Gemenge von Wahrheit und Irrthum; den zahlreichen Nachfolgern De Candolle's aber gelang es nicht, dieses Knäuel zu entwirren, wenn auch immerhin die späteren Systeme die wesentlichen Irrthümer in dem De Candolle's beseitigten und manches Bessere einführten.

Zum Schluß mag hier eine Uebersicht der Hauptabtheilungen von De Candolle's System von 1819 folgen, welches er, insofern es eine lineare Darstellung ist, ausdrücklich ein künstliches nennt.

I. Vascular- oder Cotyledonarpflanzen.

1. **Exogene oder Dicotyledonen**
   A. mit doppeltem Perigon
      Thalamifloren (polypetale hypogyne)
      Calycifloren (polypetale perigyne)
      Corollifloren (gamopetale)
   B. Monochlamydeen (mit einfachem Perigon).
2. **Endogene oder Monocotyledonen.**
   A. Phanerogamen (die eigentlichen Monocotylen)
   B. Cryptogamen (Gefaesscryptogamen incl. der Najadeen).

II. Cellularpflanzen oder Acotyledonen.

A. Beblaetterte (Muscineen)
B. Blattlose (Thallophyten).

Die Gesammtzahl der Familien bei Linné 67, bei A. L. de Jussieu 100, hat De Candolle hier auf 161 vermehrt.

Wenn die von De Candolle aufgestellten Grundsätze der vergleichenden Morphologie zunächst durch die unter den deutschen Botanikern damals herrschende philosophische Richtung und besonders durch die Unklarheiten der Goethe'schen Metamorphosenlehre auch an einer raschen Ausbreitung in Deutschland verhindert wurden, so brachen sie sich doch nach und nach ebenso wie De Candolle's Ansichten vom natürlichen System Bahn, so daß dieses seit 1830 in Deutschland ebenso wie in England und Frankreich von den Botanikern als das eigentliche Ziel der

Wissenschaft verfolgt wurde. Man darf sogar sagen, daß von jetzt ab der von De Candolle gegebene Anstoß in Deutschland weit kräftiger fortwirkte als in Frankreich. Dasselbe gilt von De Candolle's Zeitgenossen, dem Engländer **Robert Brown**[1]) (1773—1858), dessen Thätigkeit vorwiegend in das 3. und 4. Decennium fällt; auch er fand wie De Candolle in dieser Zeit vorwiegend in Deutschland das tiefste Verständniß. Robert Brown, der sich fünf Jahre (1801—1805) in Australien aufgehalten hatte, bearbeitete die Flora dieses Welttheils und in zahlreichen Aufsätzen behandelte er die botanischen Ergebnisse verschiedener Reisen, welche Andere besonders in den Polargegenden und unter den Tropen gemacht hatten. Auf diese Weise fand er Gelegenheit, die durch Humboldt herrschend gewordenen Ideen über die Geographie der Pflanzen mit dem

---

[1]) Robert Brown war der Sohn eines protestantischen Geistlichen in Mont-Rose, studirte in Aberdeen, dann in Edinbourgh die Medizin; als Militärarzt stationirte er anfangs in Nordirland. Als die Admiralität eine wissenschaftliche Expedition nach Australien unter Capitain Flinders ausrüstete, welche 1801 abfuhr, wurde auf Sir Joseph Banks Empfehlung Brown zum Naturforscher derselben ernannt, F. Bauer als bot. Zeichner, Good als Gärtner, Westall als Landschaftsmaler begleiteten ihn; unter den Midshipmen des Schiffes befand sich auch Joseph Franklin. In Folge der Unbrauchbarkeit des Schiffes verließ Flinders Australien, um mit einem besseren wiederzukehren; litt aber Schiffbruch und wurde zu Port-Louis von den Franzosen als Gefangener bis 1810 zurückgehalten. Die Naturforscher der Expedition blieben bis 1805 in Australien, von wo Brown 4000 meist neue Arten mitbrachte. Sir J. Banks ernannte ihn 1810 zu seinem Bibliothekar und Conservator seiner Sammlungen, auch wurde er Bibliothekar der Linné'schen Gesellschaft in London; von Banks erbte er 1823 Bibliothek und Sammlungen unter der Bedingung, daß dieselben nach Brown's Tode dem Brittish Museum zufielen. Auf Brown's Antrag wurden diese Sammlungen jedoch sofort dem Museum einverleibt, dessen Custodenstelle er bis zu seinem Tode behielt. Auf Humboldt's Verwendung bewilligte ihm das Ministerium Peel eine Jahresrente von 200 Pfd. Brown erfreute sich einer allseitigen Anerkennung seiner Verdienste und Humboldt nannte ihn sogar botanicorum facile princeps.

natürlichen System zu durchdringen; andererseits aber behandelte er auch eine Reihe von Pflanzenfamilien kritisch, morphologisch und systematisch.

Robert Brown's Thätigkeit erschöpfte sich in diesen monographischen Arbeiten; eine zusammenhängende Darstellung der Grundsätze, von denen er sich dabei leiten ließ, eine Darstellung der Morphologie und der Theorie der Classification hat er ebenso wenig versucht, wie die Aufstellung eines neuen Systems. Das eigentlich Fruchtbare, die Wissenschaft förderende in Brown's Thätigkeit lag vielmehr in allgemeineren Betrachtungen, welche er ganz gelegentlich seinen monographischen Arbeiten einzuflechten wußte. So verstand er es, die Morphologie der Blüthe und zugleich die systematische Stellung schwieriger Pflanzenfamilien, wie der Gräser, Orchideen, Asclepiadeen, der neu entdeckten Rafflesiaceen u. s. w. in einer Weise klar zu legen, daß dadurch zugleich auch auf weitere Gebiete des Systems neues Licht geworfen wurde; so brachte er auch z. B. in den Betrachtungen über den Bau und die Verwandtschaften der merkwürdigsten Pflanzen, welche im Anfang der zwanziger Jahre von verschiedenen Reisenden in Afrika gesammelt waren, schwierige und merkwürdige morphologische Verhältnisse des Blüthenbaues überhaupt zur Sprache, namentlich wies er in dieser Abhandlung (1826) auf die merkwürdigen Beziehungen hin, welche bei den Monocotylen und Dicotylen zwischen dem Zahlenverhältnisse der Staubgefäße und Carpelle und denen der Blüthenhüllen bestehen, er zeigte, wie diese typischen oder wie er es mit De Candolle's Sprachgebrauch nennt, symmetrischen Verhältnisse durch Abortus verändert werden, indem er zugleich auf die genauere Bestimmung der Stellung der abortirten und übrig gebliebenen Organe einging, um auf diese Weise neue Verwandtschaftsbeziehungen aufzudecken. Am fruchtbarsten war in dieser Beziehung aber seine Abhandlung über eine in Neuholland entdeckte Pflanzengattung Kingia (1825), deren Samenbau ihn veranlaßte, sich über die Natur der unbefruchteten Samenknospe phanerogamer Pflanzen überhaupt, ganz besonders aber

auch über die der Cycadeen und Coniferen genauer zu unterrichten. Trotz der Arbeiten Gärtner's und neuerer Untersuchungen von Treviranus fand sich in der Theorie des Samens noch insoferne eine große Unklarheit, als man die Lage des Embryos im reifen Samen auf ein allgemeines Gesetz nicht zurückzuführen wußte; dieß konnte nur geschehen, wenn die Samenanlage vor der Befruchtung genau untersucht wurde; diesen ersten Schritt zu einer Entwicklungsgeschichte that Robert Brown mit großem Erfolg; er unterschied zuerst mit Bestimmtheit an der Samenknospe die Integumente und den Kern und in diesem letzteren den Embryosack, Theile welche allerdings schon Malpighi und Grew beachtet hatten, ohne jedoch zu voller Klarheit durchzudringen. Man hatte bisher die Mikropyle und den Nabel des Samens nicht richtig unterschieden, ja zum Theil vermengt; Robert Brown zeigte, daß der Nabel der Anheftungsstelle der Samenknospe entspricht, während die Mikropyle ein von den Eihäuten gebildeter Kanal ist, welcher nach dem Scheitel des Knospenkernes hinführt; daß bei anatropen Samenknospen die Mikropyle neben dem Nabel, bei orthotropen aber ihm gegenüber liegt, daß ferner jederzeit der Embryo im Embryosack (Amnion) an derjenigen Stelle sich bildet, welche der Mikropyle zunächstliegt und daß die Wurzel des Embryos immer nach der Mikropyle hingerichtet ist, Thatsachen, welche ohne weiteres die allgemeine Regel feststellten, nach welcher die Lage des Embryos im Samen und in der Frucht zu beurtheilen ist. Brown gab auch die erste richtige Erklärung des Endosperms als einer innerhalb des Embryosackes nach der Befruchtung entstehenden Nahrungsmasse und was mehr sagen will als dies, er unterschied zuerst das Perisperm als eine außerhalb des Embryosackes im Gewebe des Knospenkernes sich bildende Substanz.

Waren so morphologische Beziehungen in der Organisation des Samens der Monocotylen und Dicotylen aufgestellt, welche mit zu den wichtigsten Grundlagen der Classification dieser Classen zählen, so that Robert Brown einen noch glücklicheren Griff, indem er zuerst den Blüthenbau der Coniferen und Cyca-

deen in seiner Eigenartigkeit gegenüber dem der anderen Blüthenpflanzen erkannte; er war es, der das, was man bisher eine weibliche Blüthe dieser Pflanzen genannt hatte, als eine nackte Samenknospe erkannte, worauf allerdings schon der Nürnberger Trew im Jahre 1767 hingewiesen hatte. Auch die Uebereinstimmung im Bau der weiblichen und männlichen Organe dieser Familien zog Brown in Betracht. So wurde zuerst eine der merkwürdigsten Thatsachen des Pflanzensystems, die Gymnospermie der Coniferen und Cycadeen festgestellt, welche später durch Hofmeister's Untersuchungen zu dem wichtigen Ergebniß führte, daß die Gymnospermen, die man bisher zu den Dicotylen gerechnet hatte, als eine dritte, den Dicotylen und Monocotylen coordinirte Classe zu betrachten sind, durch welche merkwürdige Homologieen in der Fortpflanzung der höheren Cryptogamen und der Samenbildung der Phanerogamen aufgedeckt werden; eine der wichtigsten Entdeckungen, die jemals auf dem Gebiet der vergleichenden Morphologie und Systematik gemacht wurden. Zu diesem erst 25 Jahre später durch Hofmeister klar erkannten Ergebniß gaben Robert Brown's Untersuchungen den ersten Anstoß, und zu diesen Untersuchungen hatten ihn einige Schwierigkeiten im Samenbau einer neuholländischen Pflanzengattung gelegentlich veranlaßt. In ähnlicher Weise, wenn auch nicht immer mit so großem Erfolg, behandelte Brown die verschiedensten Fragen der Morphologie und Systematik, selbst rein physiologische Fragen kamen auf diesem eigenthümlichen Wege zuerst in Fluß, so vor Allem die Frage, auf welche Weise der Befruchtungsstoff der Pollenkörner in die Samenknospen geführt werde: daß dies durch die Mikropyle, nicht aber durch die Raphe und den Nabel, wie man damals glaubte, geschieht, hatte Robert Brown schon aus der Lage des Embryos geschlossen und er war es auch, der die Pollenschläuche im Fruchtknoten der Orchideen bis in die Samenknospen zuerst verfolgt hat. Indessen soll hier nur gelegentlich auf diesen Punkt hingewiesen sein, da ich in der Geschichte der Sexualtheorie ausführlicher darauf zurückkomme.

In viel höherem Grade als bei Jussieu und De Candolle tritt bei Robert Brown das natürliche System in seiner Eigenartigkeit jedem künstlichen System gegenüber hervor und besser als irgend Jemand vor ihm verstand es Brown die systematisch werthvollen rein morphologischen Organisationsverhältnisse von den physiologischen Anpassungen der Organe abzusondern. Während die meisten anderen Systematiker bei der Auffindung von Verwandtschaften sich von einem dunklen Gefühl leiten ließen, mehr durch unbewußte Verstandesoperationen instinctiv das Richtige gelegentlich trafen, suchte Brown sich jedesmals Rechenschaft zu geben, warum er bestimmte Verwandtschaftsverhältnisse so oder anders auffaßte; aus dem bereits Feststehenden und Unzweifelhaften leitete er den Werth gewisser Merkmale ab, um dadurch Regeln zur Bestimmung unbekannter Verwandtschaftsverhältnisse zu gewinnen. Auf diesem Wege fand er auch, daß Merkmale, welche innerhalb gewisser Verwandtschaftskreise von großem classificatorischen Werth sind, sich in anderen Abtheilungen als werthlos erweisen können. So lieferte Robert Brown in seinen zahlreichen monographischen Arbeiten zugleich die Muster, nach welchen Andere die Methode des natürlichen Systems weiter anwenden und ausbilden konnten, und in dieser Beziehung brachten ihm die deutschen Botaniker den besten Willen und das tiefste Verständniß entgegen, wie schon die Thatsache zeigt, daß eine Sammlung von Brown's botanischen Schriften von verschiedenen deutschen Botanikern übersetzt, durch Nees von Esenbeck schon in den Jahren 1825—1834 in fünf Bänden herausgegeben wurde. Durch Brown und De Candolle wurde das natürliche System in Deutschland heimisch, zu dessen richtiger Würdigung dem Linné'schen Sexualsystem gegenüber ein 1829 erschienenes Buch von Carl Fuhlrott beitrug, in welchem Jussieu's und De Candolle's Systeme mit denen von Agardh, Batsch und Linné verglichen, die Vorzüge des natürlichen Systems hervorgehoben wurden. Wirksamer war in dieser Hinsicht jedoch das Erscheinen der Ordines naturales plantarum von Bartling 1830, einer selbstständ-

digen Leistung auf diesem Gebiet, durch welche das natürliche System wesentlich verbessert wurde. Gleichzeitig erfuhren die von De Candolle und Brown aufgestellten Grundsätze der Blüthenmorphologie durch Röper's Monographieen der Euphorbien und Balsamineen, sowie durch seine Abhandlung de organis plantarum (1828) eine geistvolle und selbstständig consequente Anwendung zur Klärung morphologischer und systematischer Begriffe. Uebrigens begegnete die von De Candolle und Robert Brown eingeführte neue Methode der morphologischen und systematischen Forschung in Deutschland und zum Theil selbst in Frankreich nicht nur den veralteten Linné'schen Ansichten, sondern auch, was viel schlimmer war, den Verirrungen, welche die durch Schelling begründete, sogenannte Naturphilosophie herbeiführte. Die Unklarheiten dieser Philosophie konnten kaum einen fruchtbareren Boden finden, als das natürliche System der Pflanzen mit seinen geheimnißvollen Verwandtschaftsverhältnissen und Goethe's Metamorphosenlehre trug nicht wenig dazu bei, die Verwirrung zu steigern. Indessen komme ich auf diese geschichtlichen Erscheinungen im folgenden Abschnitt noch zurück, hier soll zunächst gezeigt werden, wie nun die Systematiker von Fach den von De Candolle und Brown eingeschlagenen Weg weiter verfolgten; denn seit ungefähr 1830 trennte sich besonders in Deutschland die morphologische Forschung als eine besondere Disciplin von der Systematik ab, mehr und mehr ward es Mode, die letztere als eine von der Morphologie unabhängige Wissenschaft zu behandeln und so den Quell tieferer Einsicht, den allein die vergleichende und genetische Morphologie dem Systematiker eröffnen kann, zu verlassen, während andererseits die Morphologie einen neuen Aufschwung nahm, den wir, eben weil er von der eigentlichen Systematik unabhängig sich entwickelte, in den folgenden Abschnitten einer gesonderten Darstellung unterziehen.

Wenn der Fortschritt der Systematik durch die Zahl der aufgestellten Systeme bewirkt würde, so müßte man die Zeit von 1825—1845 geradezu für das goldene Zeitalter der Systematik

halten; nicht weniger als 24 Systeme wurden in diesem Zeitraum aufgestellt, ungerechnet sogar alle Diejenigen, welche sich ganz und gar in naturphilosophischen Anschauungen bewegten. Mit dieser großen, extensiven Productivität war jedoch eine entsprechende Vertiefung nicht verbunden; wesentlich neue Gesichtspunkte für die Classification wurden nicht aufgestellt und in Bezug auf die wahren Grundlagen der natürlichen Systematik trat sogar ein deutlicher Rückschritt ein, wie unten noch gezeigt werden soll. Im Einzelnen jedoch wurde das System wirklich gefördert, indem man sich an die von De Candolle, Jussieu und Brown aufgestellten Principien im Allgemeinen wenigstens hielt. Vor Allem wurden nicht nur die Familien selbst geklärt und besser begrenzt, sondern auch Gruppen von Familien aufgestellt, welche sich mehr und mehr als natürliche Verwandtschaftskreise darstellten. Es handelte sich hierbei vorwiegend um die ausgedehnte Classe der Dicotylen, deren immer zahlreicher werdende Familien noch bei A. L. de Jussieu ein Chaos bildeten, bei De Candolle aber in ziemlich künstlicher Weise in größere Gruppen vereinigt waren. Auch hier sehen wir wieder, wie die Ausbildung der Systematik sich Schritt für Schritt vom Besonderen zum Allgemeineren erhebt; nachdem früher aus den Species die Gattungen, dann aus diesen die Familien gebildet worden waren, gelang es nun in diesem Zeitraum von 1820—1845, die Familien selbst wieder in etwas umfangreichere Gruppen zusammenzuordnen; aber noch nicht gelang es, diese Ordnungen oder Classen so zu gruppiren, daß dadurch die größten Gruppen des Pflanzenreiches in natürlicher Weise gespalten worden wären. Noch jetzt ist namentlich die große Klasse der Dicotylen noch nicht so geordnet, daß die kleineren Familiencomplexe sich in befriedigender Weise an einander schließen. Nichts desto weniger war es ein beträchtlicher Fortschritt, daß man wenigstens eine große Zahl kleinerer Familiengruppen aufstellte und besonders waren es Bartling und Endlicher, welche sie bildeten, mit Namen belegten und charakterisirten.

Betrachten wir dagegen die Haupteintheilung des ganzen

Pflanzenreiches, so findet sich als Ergebniß, daß zunächst gewisse große, natürliche Gruppen mehr und mehr zur Anerkennung gelangen und in den Vordergrund des systematischen Calcules treten; so die Gruppen der Thallophyten, der Muscineen, Gefäßkryptogamen, Gymnospermen, Dicotylen und Monocotylen. Man war jedoch weit davon entfernt, diese großen Abtheilungen der gesammten Pflanzenwelt in ihrer Coordination richtig aufzufassen. Es war mehr der Sprachgebrauch, der sie nach und nach als die Haupttypen zu Tage förderte; in den Systemen selbst traten einzelne derselben zu sehr, andere zu wenig hervor, oder es wurden neben ihnen noch andere unberechtigte Gruppen angenommen: bei Bartling z. B., dessen System bis 1850 und länger als eines der natürlichsten gelten konnte, ist De Candolle's Eintheilung des Pflanzenreiches in Zellenpflanzen und Gefäßpflanzen noch festgehalten, jene werden richtig in zwei Hauptgruppen in Thallophyten und Muscineen (Homonemeae und Heteronemeae) eingetheilt; die anderen in Gefäßkryptogamen und Phanerogamen gespalten; die Phanerogamen jedoch zerfallen in Mono- und Dicotylen, die ihrerseits in 4 Gruppen eingetheilt sind; eine derselben ist charakterisirt durch das Vorhandensein eines Vitellus, d. h. eines von Perisperm umgebenen Endosperms; eine ganz künstliche Abtheilung. Die drei anderen sind als apetal, monopetal und polypetal bezeichnet, den Apetalen jedoch die Coniferen und Cycadeen beigezählt. Weniger befriedigend ist die von **Endlicher** [1]) gewählte Haupteintheilung

---

[1]) Stefan Ladislaus Endlicher 1805 in Presburg geboren, verließ das Studium der Theologie und wurde 1828 Scriptor an der Hofbibliothek in Wien, 1836 Custos der botan. Abtheilung des Hofnaturalienkabinets. Nachdem er 1840 promovirt, übernahm er die Professur der Botanik und die Direction des botan. Gartens in Wien. Seine Bibliothek und Herbar im Werth von 24000 Thalern schenkte er dem Staat; von seinem Privatvermögen gründete er die „Annalen des Wiener-Museums" kaufte er botanische Sammlungen und theuere Bücher und bestritt er die Herausgabe seiner sowie fremder Werke. Sein Vermögen wurde so bei geringem Gehalt endlich aufgezehrt und im März 1849 machte er seinem

in Thallophyten und Cormophyten, welch' letztere in die Abtheilungen Acrobrya (Muscineen, Gefäßcryptogamen, Cycadeen), Amphibrya (Monocotylen) und Acramphibrya (Dicotylen und Coniferen) zerfallen; die drei Namen dieser Gruppen, von denen die erste eine durchaus unnatürliche, stützen sich auf irrthümliche Annahmen betreffs des Längen- und Dickenwachsthums, welche Endlicher von Unger entlehnt hatte. — Während Endlicher's großes Werk seiner Vollständigkeit in der Charakteristik der Familien und Gattungen wegen für den Hausgebrauch der Botaniker bis auf unsere Zeit unentbehrlich geblieben ist, hat dagegen **Brongniart's** 1843 entworfenes System in Frankreich sich eine gewissermaßen officielle Bedeutung gewonnen. Das ganze Pflanzenreich wird hier in zwei Abtheilungen gespalten, in Cryptogamen und Phanerogamen, von denen jene als geschlechtslose, diese als geschlechtlich ausgebildete unrichtig charakterisirt werden. Die Phanerogamen, in Mono- und Dicotylen getheilt, sind in wenig ansprechender Weise in Gruppen gespalten; einen Vorzug aber hat Brongniart's System, insofern es die Gymnospermen in geschlossener Masse zusammenhält und wenn dieselben auch in unrichtiger Weise den Dicotylen zugezählt werden, so war es doch ein Fortschritt, daß hier Robert Brown's Entdeckung der Gymnospermie wenigstens theilweise zu systematischer Geltung gelangte. — Ungefähr dieselbe Bedeutung, welche Bartling und Endlicher in Deutschland, Brongniart in Frankreich gewannen, fiel dem System **John Lindley's** in England zu. Nach verschiedenen früheren Versuchen stellte er 1845 ein System auf, in welchem die Cryptogamen ebenfalls als asexuelle oder blüthenlose, die Phanerogamen als sexuelle oder blühende Pflanzen charakterisirt werden; jene zerfallen in thallogene und acrogene; die Phanerogamen aber werden in fünf Classen getheilt, in:

---

thätigen Leben durch Blausäure ein Ende. Endlicher war nicht nur einer der hervorragendsten Systematiker sondern auch Philolog und Linguist, er verfaßte u. a. eine chinesische Grammatik (Linnaea 1864 und 1865 Bd. 33 p. 583).

1. rhizogene (Rafflesiaceen, Cytineen, Balanophoren), in 2. endogene (parallelnervige Monocotylen), 3. dictyogene (netz-adrige Monocotylen), 4. gymnogene (Gymnospermen), 5. exogene (Dicotylen). Diese Eintheilung ist eine der unglücklichsten, die jemals versucht worden sind: die rhizogenen sind wegen ihrer auffallenden Habitus-Form in ihrem systematischen Werth weit überschätzt, die Monocotylen eines unbedeutenden Merkmales wegen in zwei Classen gespalten, die Charakteristik aller dieser Gruppen überhaupt eine durchaus verfehlte.

Ich habe diese Systeme aus der großen Zahl der übrigen herausgegriffen, weil sie dadurch zu allgemeinerer Kenntniß und Bedeutung gelangt sind, daß ihre Verfasser (abgesehen von Brongniart) sie umfangreichen Darstellungen des ganzen Pflanzenreiches zu Grunde legten, und weil es für unseren Zweck überflüssig wäre, die zahlreichen anderen Systeme von weniger hervorragenden Botanikern näher zu betrachten. Wer sich in dieser Beziehung einläßlicher unterrichten will, wird in der Einleitung zu Lindley's Vegetable Kingdom 1853 das Nöthige finden.

Betrachten wir nun die Grundsätze und Gesichtspuncte, welche in diesen Systemen zur Geltung gelangen, so fällt vor Allem das Eine auf, daß, abgesehen von Bartling, neben morphologischen auch physiologisch-anatomische Merkmale zur Charakteristik der Hauptabtheilungen benützt werden; man fiel wieder in den von De Candolle begangenen Fehler zurück, der sich um so schwerer rächte, als gerade diese physiologisch-anatomischen Merkmale zum Theil oder ganz auf Mißverständnissen beruhten, so z. B. Endlicher's Eintheilung in Acrobrya u. s. w., Lindley's Abtheilungen der Rhizogenen und Dictyogenen und dgl. m. Was aber noch viel schlimmer war als dieß: einzelne Systematiker von Fach verschlossen sich geradezu hartnäckig der Anerkennung wohl constatirter Thatsachen, welche freilich nicht von Systematikern entdeckt, wohl aber für die Systematik von höchstem Werth waren. Kaum glaublich ist es, daß bei Lindley 1845 und noch 1853 die Unterscheidung von endoge-

nem und exogenem Wachsthum der Stämme festgehalten ist, nachdem bereits 1831 Hugo Mohl auf das Bestimmteste den Nachweis geliefert hatte, daß dieser von Desfontaines aufgestellte von De Candolle adoptirte Unterschied überhaupt gar nicht existirt. Ganz ähnlich verhielt es sich mit der Charakteristik der Cryptogamen, in welche man wiederholt das Merkmal als durchschlagend aufnahm, daß ihnen die Sexualorgane fehlen, obgleich man schon vor 1845 verschiedene Fälle der Sexualität bei den Cryptogamen kannte: Schmidel hatte um die Mitte des vorigen Jahrhunderts die Sexualorgane der Lebermoose, Hedwig 1782 die der Laubmoose beschrieben und Vaucher 1803 bereits den Gedanken ausgesprochen, daß die Conjugation der Spirogyren unter den Algen als ein Sexualact aufzufassen sei; mit diesen Andeutungen wußten die Systematiker freilich Nichts anzufangen.

Ein anderer Uebelstand machte sich dadurch geltend, daß man bei der classificatorischen Thätigkeit Untersuchung und Darstellung oft verwechselte; die Untersuchung aller Merkmale soll dahin führen, die systematische Bedeutung gewisser, bestimmter Merkmale oder den classificatorischen Werth derselben festzustellen. Ist dieß durch die Untersuchung geschehen, dann genügt es bei der Darstellung des Systems, allein die entscheidenden Merkmale hervorzuheben; und häufig genügt ein einziges, um eine natürliche Gruppe zu vereinigen. Ein solches leitendes Merkmal ist wie die Fahne eines Regiments, die an und für sich ebenso wie jenes gar Nichts bedeutet, aber den großen practischen Nutzen gewährt, eine ganze Gruppe von Merkmalen, die damit verbunden sind, zu signalisiren. In dieser Hinsicht aber trat ein noch größerer Uebelstand darin hervor, daß es fast keiner der Systematiker nach De Candolle versuchte, die Grundsätze, nach denen das natürliche System bearbeitet wird, zu klarem Bewußtsein zu erheben und sie im Zusammenhang als Theorie des Systems darzustellen. Dieß hatte nicht nur für den Lernenden den großen Uebelstand, daß er bei dem Studium des natürlichen Systems die Eintheilung einfach als Thatsache unverstanden hinnehmen mußte, es hatte vielmehr die noch weit üblere Folge, daß die

Systematiker selbst gewöhnlich nur einem dunklen Gefühl bei der Aufstellung ihrer Gruppen folgten, ohne sich die Gründe ihres Thuns logisch klar zu entwickeln. In dieser Beziehung ist **John Lindley** [1]) insofern als rühmliche Ausnahme zu nennen, als er wiederholt seit 1830 ausführlich über die Grundsätze der natürlichen Classification sich aussprach und ähnlich wie es De Candolle gethan hatte, eine Theorie der Systematik zu entwickeln suchte [2]). Aber auch nur in diesem Streben liegt sein Verdienst, denn die Grundsätze selbst, welche er aufstellte, sind zum größten Theil nicht nur ganz unrichtig, sondern sie widersprechen durchaus dem von ihm selbst aufgestellten, wie jedem anderen natürlichen System. In viel höherem Grade, als bei De Candolle finden wir bei Lindley den Gegensatz zwischen der eigenen Theorie und der practischen Bethätigung bei der Aufstellung des Systems; nur ist der Fall insofern ein anderer, als De Candolle zwar richtige Principien für die Beurtheilung der Verwandtschaft aufstellte, diese aber zum Theil nicht befolgte, während dagegen Lindley aus den vorhandenen, bereits vielfach festgestellten natürlichen Verwandtschaften ganz unrichtige Regeln der Systematik ableitete: obgleich die Betrachtung aller bis zum Jahre 1853 aufgestellten Systeme ganz deutlich zeigt, daß die

[1]) John Lindley, Professor der Botanik in London, geb. in Chatton bei Norwich 1799, gest. zu London 1865.

[2]) Auguste de Saint-Hilaire (geb. Orleans 1779, gest. daselbst 1853, Professor in Paris) gab 1840 leçons de Botanique comprenant principalement la Morphologie végétale etc. heraus. Es enthält eine etwas weitschweifige Darstellung von P. de Candolle's Symmetrielehre in Verbindung mit Goethe's Metamorphosentheorie und Schimper's Blattstellungslehre, überhaupt der damals geltenden vergleichenden Morphologie, welche schließlich zu einer Theorie der Systematik benutzt wird. Das umfangreiche Werk enthält bei weitem weniger Fehler als Lindley's theoretisches Vorwort, ist aber auch weniger tief und berührt die Fundamentalfragen, die uns hier interessiren, nur nebenbei; es ist aber insoferne von historischem Interesse, als es den Zustand der Morphologie vor 1840 in klarer und sehr übersichtlicher Form darstellt.

Charaktere der wirklich natürlichen Gruppen ausschließlich in morphologischen Merkmalen liegen, wird doch von Lindley der Grundsatz ausgesprochen, für die Classification sei ein Merkmal oder wie er unrichtig sagt, ein Organ um so wichtiger, einen je höheren physiologischen Werth dasselbe für die Erhaltung und Fortpflanzung des Individuums besitzt. Wäre dieser Satz richtig, so wäre Nichts leichter, als ein natürliches System der Pflanzen aufzustellen, man hätte dann eben nur nöthig, die Pflanzen zunächst in chlorophyllfreie und chlorophyllhaltige einzutheilen, denn es gibt kein Organ, dessen Existenz für die Ernährung, dessen physiologische Bedeutung also eine so hervorragende wäre, wie die des Chlorophylls; allerdings würden dann die chlorophyllfreien Orchideen, die Orobanchen, die Cuscuta, Rafflesia u. a. mit den Pilzen zusammen die eine Classe, alle übrigen Pflanzen zusammen die andere bilden. Für die Existenz einer Pflanze ist es demnächst sehr wichtig, ob ihre Organisation geeignet ist, sie in Wasser, auf trockenem Land oder unterirdisch wachsen zu lassen und wollte man Lindley beim Wort nehmen, so müßte er seinem Princip zu Liebe die Algen, Rhizocarpeen, die Vallisnerien, Wasserranunkeln, Lemna u. s. w. in eine Abtheilung bringen. Es ist ferner für die Existenz einer Pflanze sehr wichtig, ob sie von selbst aufrecht wächst oder mit Ranken, schlingendem Stamm oder sonstwie emporklettert und demgemäß würde man nach Lindley's Grundsatz gewisse Farnkräuter, den Weinstock, die Passifloren, manche Spargelgewächse u. dgl. in Eine Ordnung zusammenstellen müssen. Es leuchtet sofort ein, daß sich auf diese Weise Lindley's oberster Grundsatz der Systematik als völlig sinnlos darstellt; nach diesem beurtheilt er nun aber auch den systematischen Werth der anatomischen Eigenschaften, des Embryo's und Endosperms, der Blumenkrone und Staubgefäße überall die physiologische Wichtigkeit derselben betonend, die auch bei diesen Theilen für die Systematik nur geringen Werth hat. Dieses Verfahren Lindley's, verglichen mit seinem eigenen System, welches neben manchen schweren Mißgriffen doch immerhin ein morphologisch natürliches System ist, beweist, daß er ebenso

wie viele andere Systematiker thatsächlich die von ihm aufgestellten Regeln gewöhnlich nicht befolgte, denn sonst hätte etwas ganz anderes als ein natürliches System zu Tage kommen müssen. Das Gute, was man in der Bestimmung der Verwandtschaften wirklich erreichte, verdankte man ganz vorwiegend einem richtigen Gefühl, welches sich durch beständige Beschäftigung mit den Pflanzenformen immer feiner ausbildete. Es war also im Grunde noch immer dieselbe, zum großen Theil unbewußte Ideenassociation, wie bei Lobelius und Bauhin, durch welche die natürlichen Verwandtschaften nach und nach zu Tage gefördert wurden und wie die angeführten Beispiele zeigen, wurden Männer von hervorragender systematischer Bedeutung, wie Lindley, sich nicht einmal darüber klar, nach welchen Regeln sie selbst verfuhren. Und dennoch wurde auf diesem Wege das natürliche System in ungefähr 50 Jahren in ganz außerordentlicher Weise gefördert. Die Zahl der thatsächlich erkannten Verwandtschaftsbeziehungen wuchs außerordentlich rasch, wie eine Vergleichung der Systeme von Bartling, Endlicher, Brongniart, Lindley mit denen De Candolle's und Jussieu's ergiebt. Wie bedeutend der classificatorische Werth der so zu Tage geförderten Systeme war, wird durch Nichts so schlagend dargethan, als durch die Thatsache, daß ein klarer und methodischer Denker wie Darwin im Stande war, aus den Systemen, wie sie vor 1850 sich entwickelt hatten, die wichtigste Stütze der Descendenztheorie abzuleiten. Denn es muß hier constatirt werden, daß Darwin seine Theorie nicht etwa im Gegensatz zur Morphologie und Systematik aus irgend welchen bis dahin unbekannten Principien abgeleitet hat; daß er vielmehr die wichtigsten und unumstößlichen seiner Sätze ganz unmittelbar aus den Thatsachen des bis dahin aufgebauten natürlichen Systems und der Morphologie deducirte. Er weist ausdrücklich immer wieder darauf hin, daß das natürliche System (in der auf ihn gekommenen Form, die er in der Hauptsache als die richtige anerkennt) nicht auf den physiologischen Werth der Organe, sondern nur auf ihren morphologischen gebaut ist; es könne, sagt er, als eine Regel aufgestellt werden, daß,

je weniger ein Theil der Organisation mit speciellen Lebensgewohnheiten verknüpft ist, er desto wichtiger für die Classification wird. Er hebt ebenso wie Robert Brown und De Candolle die hohe classificatorische Wichtigkeit der abortirten, physiologisch nutzlosen Organe hervor, weist auf solche Fälle hin, wo sehr entfernte Verwandtschaftsbeziehungen nur durch zahlreiche Uebergangsformen oder Zwischenglieder zu Tage treten, wofür im Thierreich die Classe der Crustaceen ein besonders auffallendes Beispiel liefert, wofür sich aber im Pflanzenreich gewisse Formenreihen der Thallophyten, die Muscineen, die Aroideen und andere Beispiele anführen lassen; in solchen Fällen nämlich haben die entferntesten Glieder einer Verwandtschaftsreihe zuweilen kein einziges Merkmal mit einander gemein, welches sie nicht auch mit allen übrigen Pflanzen einer viel größeren Abtheilung theilen u. s. w. In jenem und zahlreichen andern Sätzen Darwin's erkennt man deutlich, daß er aus den vorhandenen natürlichen Systemen der Thiere und Pflanzen wirklich die Regeln herauslas, nach denen die Systematiker bis dahin gearbeitet hatten; diese von Darwin hervorgehobenen Regeln hatten zwar die Systematiker selbst mehr oder weniger unbewußt practisch befolgt, aber nicht zu klarem Bewußtsein erhoben. Ganz richtig, sagt Darwin: wenn die Naturforscher an ihrer Aufgabe practisch arbeiten, so kümmern sie sich gar nicht um den physiologischen Werth der Charaktere, welche sie zur Begrenzung einer Gruppe oder zur Aufstellung einer einzelnen Species brauchen. Darwin war es, der die bereits von De Candolle unvollständig erkannte Discordanz zwischen der systematischen Verwandtschaft der Organismen und ihrer Anpassung an die Lebensbedingungen vollkommen klar erkannte und consequent festhielt. Es bedurfte in der That nur dieser einen klaren Erkenntniß, um die ganze Systematik in ihrem wahren Wesen zu charakterisiren und die Descendenztheorie als die einzig mögliche Erklärung des natürlichen Systems erscheinen zu lassen. Die Thatsache, welche die Morphologen und Systematiker mit schwerer Arbeit nach und nach zu Tage gefördert, aber in ihrem Werthe nicht hinreichend

erkannt hatten, daß in dem Wesen jedes organischen Individuums zwei ganz verschiedene Principien vereinigt sind, daß einerseits die Zahl, Anordnung und Entwicklungsgeschichte der Organe der einen Species auf die entsprechenden Verhältnisse zahlreicher anderer Species hinweist, während die Lebensweise und dem entsprechend die Anpassung derselben Organe bei diesen verwandten Species eine ganz verschiedene sein kann; diese Thatsache läßt keine andere Erklärung zu, als die durch die Descendenztheorie gegebene; sie ist daher die historische Ursache und logisch genommen die stärkste Stütze der Descendenztheorie. Diese selbst ist ganz unmittelbar aus den Ergebnissen abgeleitet, welche die Bestrebungen der Systematiker zu Tage gefördert hatten. Daß aber gerade die Mehrzahl der Systematiker selbst sich wenigstens anfangs ganz entschieden gegen die Descendenztheorie erklärten, kann nicht überraschen, wenn man beachtet, daß sie sich über ihr eigenes Thun und Treiben so wenig Rechenschaft zu geben wußten, wie dieß in den theoretischen Betrachtungen Lindley's so auffallend hervortritt.

Eine Folge dieser Unklarheit verbunden mit dem Dogma der Constanz der Arten war, wie schon in der Einleitung angedeutet wurde, die Annahme, daß jeder Verwandtschaftsgruppe eine Idee zu Grunde liege, daß das natürliche System ein Bild des Schöpfungsplanes selbst sei, wie Lindley, Elias Fries und Andere ganz unumwunden bekannten. Wie aber ein solcher Schöpfungsplan die wunderliche Thatsache erklären könne, daß die physiologischen Anpassungen der Organe an die Lebensbedingungen so ganz und gar Nichts zu thun haben mit ihrer systematischen Verwandtschaft, das ließ man ruhig auf sich beruhen und in der That konnte auch die auf platonisch aristotelische Philosophie gegründete Annahme eines Schöpfungsplanes und idealer Grundformen, welche den systematischen Gruppen zu Grunde liegen, jene Discordanz zwischen morphologischen und physiologischen Eigenschaften nicht erklären. Es wäre sehr leicht, die Ansicht der Systematiker, daß das System einen Schöpfungsplan repräsentire, zu beweisen, wenn überall die physiologischen

und morphologischen Eigenschaften vollständig Hand in Hand gingen, wenn die Anpassung der Organe an die Lebensbedingungen der Species eine durchaus vollkommene wäre; allein die Thatsachen zeigen, daß die Anpassung auch im besten Fall eine ziemlich unvollkommene ist und daß sie immer dadurch gewonnen wird, daß Organe, welche ursprünglich anderen Functionen dienten, für neue Bedürfnisse eingerichtet werden.

Viertes Capitel.

Die Morphologie unter dem Einfluß der Metamorphosenlehre und der Spiraltheorie.

1790—1850.

Waren Jussieu, De Candolle und Robert Brown bemüht, durch Vergleichung verschiedener Pflanzenspecies die verwandtschaftlichen Beziehungen derselben aufzudecken, so stellte sich dagegen die von Goethe begründete Metamorphosenlehre von vorneherein die Aufgabe, die innere Verwandtschaft verschiedener Organe eines und desselben Pflanzenindividuums zur Anschauung zu bringen. Wie De Candolle's Lehre von der Symmetrie die verschiedenen Pflanzenarten aus einem idealen Symmetrieplan oder Typus ableitete, so nahm die Metamorphosenlehre ein ideales Grundorgan an, aus welchem die verschiedenen Formen der Blattgebilde einer Pflanze sich ableiten lassen. Der Stengel kam nur nebenbei als Träger der Blattgebilde, die Wurzel fast gar nicht in Betracht. Wie nun die Aehnlichkeit nahe verwandter Pflanzenarten dem unbefangenen Beobachter sich ungesucht und von selbst darbietet, so auch die Verwandtschaft verschiedener Organe von blattartiger Natur bei einer und derselben Pflanze. Schon Caesalpin hatte die Blumenkrone kurzweg als folium (Blatt) bezeichnet; er und Malpighi betrachteten auch die Cotyledonen als Blätter; ebenso hatte Jungius auf die Verschiedenheit der Blattformen, die bei manchen Pflanzen an Einem Stengel in verschiedener Höhe sich finden, hingewiesen; Caspar Friedrich Wolff, der zuerst in dieser Richtung methodisch

denkend vorging, erklärte 1766, er sehe zuletzt an der Pflanze Nichts, als Blätter und Stengel, wobei er die Wurzel zu dem letzteren rechnet [1]).

Schon lange vor Goethe hatte sich in diese Wahrnehmungen ein speculatives Element zum Zweck der Erklärung derselben eingeschlichen: wir sahen, wie Caesalpin und Linné, gestützt auf die alte Ansicht, das Mark sei der Sitz der Pflanzenseele, die Samen als metamorphosirtes Mark, die Blüthenhüllen sammt den Staubfäden ebenso wie die eigentlichen Blätter als metamorphosirte Rinden- und Holzschichten des Stengels betrachteten. Für sie hatte, von ihrem Standpunct aus gesehen, das Wort Metamorphose einen ganz klaren Sinn: es war eben wirklich der Markcylinder, dessen oberes Ende sich in Samen umwandelte, es war die wirkliche Corticalsubstanz, welche ebenso die gewöhnlichen Blätter, wie die Blüthentheile erzeugte. Andererseits gab Wolff, von seinem Standpunct aus, dem Satze, daß alle Anhangsgebilde des Stengels Blätter sind, eine anscheinend leicht verständliche physicalische Erklärung, die aber freilich den Fehler hatte, unrichtig zu sein: er ließ die Metamorphose der Blätter durch veränderte Ernährung, die Blüthe speciell durch seine vegetatio languescens entstehen.

Viel unklarer faßte Goethe von vorneherein die Sache auf und zwar vorwiegend deßhalb, weil er die abnorme Metamorphose mit der normalen oder aufsteigenden nicht in eine richtige Verbindung zu bringen wußte. Im ersten Satz seiner Metamorphosenlehre (1790) heißt es, man könne leicht bemerken, daß gewisse äußere Theile der Pflanze „sich manchmal verwandeln und in die Gestalt der nächstliegenden Theile, bald ganz, bald mehr oder weniger übergehen." In den Fällen, welche Goethe hier im Auge hat, kann mit dem Worte Metamorphose in der That ein bestimmter Sinn verbunden werden: wenn nämlich z. B. aus dem Samen einer Pflanze mit nicht gefüllten Blüthen

[1]) Vergl. Wigand, Geschichte und Kritik der Metamorphose. Leipzig 1846 p. 38.

eine solche hervorgeht, welche an Stelle der Staubgefäße Blumenblätter besitzt, oder deren Fruchtknoten in grüne, offene Blätter aufgelöst ist und dergl. mehr, so ist thatsächlich aus einer Pflanze von bekannter Form eine andere Pflänze von anderer Form hervorgegangen, es hat wirklich eine Verwandlung oder Metamorphose stattgefunden. Ganz anders gestaltet sich die logische Behandlung dessen, was Goethe die normale oder aufsteigende Metamorphose nennt. Wenn an einer gegebenen Pflanzenart, welche sich constant mit allen ihren Merkmalen seit unzähligen Generationen erhalten hat, die Cotyledonen, die Laubblätter, Deckblätter und Blüthentheile als Blätter bezeichnet werden, so beruht dieß zunächst bloß auf Abstraction, welche zu einer Verallgemeinerung des Begriffes Blatt hinführt: indem man von den physiologischen Eigenschaften der Carpelle, Staubgefäße, Blumenblätter und Cotyledonen abstrahirt, nur die Art ihrer Entstehung am Stengel in Betracht zieht, ist man berechtigt, sie mit den gewöhnlichen Laubblättern in einen verallgemeinerten Begriff zusammenzufassen, den man zunächst ganz willkürlich mit dem Worte Blatt bezeichnet. Zunächst hat man hierbei gar keine Berechtigung, von einer Verwandlung dieser Organe zu reden, so lange man die ganze Pflanze, um die es sich handelt, als eine erblich constante Form betrachtet. Für die constant genommene Pflanzenform hat der Begriff Metamorphose also nur eine bildliche Bedeutung; man überträgt die von dem Verstand vollzogene Abstraction auf das Object selbst, indem man diesem eine Metamorphose zuschreibt, die sich im Grunde genommen nur in unserem Begriff vollzogen hat. Ganz anders freilich wäre die Sache, wenn wir auch hier wie bei jenen obengenannten abnormen Fällen, annehmen dürften, daß bei den Vorfahren der uns vorliegenden Pflanzenform, die Staubfäden gewöhnliche Blätter waren u. s. w. So lange diese Annahme einer wirklich stattgefundenen Veränderung nicht wenigstens hypothetisch gemacht wird, bleibt der Ausdruck Verwandlung oder Metamorphose ein rein bildlicher, oder die Metamorphose ist eine bloße „Idee". Goethe hat nun diese Unterscheidungen keineswegs gemacht;

er wurde sich nicht klar darüber, daß die normale aufsteigende Metamorphose nur dann den Sinn einer naturwissenschaftlichen Thatsache besitzt, wenn man hier, sowie bei der abnormen Metamorphose oder Mißbildung eine wirkliche Verwandlung im Lauf der Fortpflanzung annimmt. Vielmehr zeigt die Vergleichung der verschiedenen Aeußerungen Goethe's, daß er das Wort Metamorphose bald in jenem objectiv giltigen, bald wieder bloß in dem idealen, bildlichen Sinne nahm; so sagt er z. B. ausdrücklich, „man könne ebenso gut sagen, ein Staubwerkzeug sei ein zusammengezogenes Blumenblatt, als wir von dem Blumenblatt sagen können, es sei ein Staubgefäß im Zustande der Ausdehnung." Dieser Satz zeigt, daß Goethe nicht etwa eine bestimmte Blattform als die der Zeit nach erste, aus welcher durch Verwandlung die anderen hervorgegangen sind, betrachtete; daß er vielmehr dem Worte Metamorphose einen rein idealen Sinn unterlegte. In anderen Fällen wieder lassen sich Goethe's Bemerkungen so deuten, als ob er wirklich die normale aufsteigende Metamorphose als eine durch Verwandlung der Species entstandene, wirkliche Verwandlung der Organe betrachte. Mit dieser Verwechslung von Begriff und Sache, von Idee und Wirklichkeit, von subjectiver Auffassung und objectivem Wesen, stand Goethe ganz auf dem Boden der sogenannten Naturphilosophie.

Zu strenger Consequenz und Klarheit des Gedankens konnte Goethe's Metamorphosenlehre nur dann vordringen, wenn man sich für den einen oder für den andern Weg entschied: entweder mußte er annehmen, die verschiedenen Blattformen, die zunächst nur begrifflich als gleichartig betrachtet werden, seien wirklich durch Umwandlung einer der Zeit nach ersten Blattform entstanden, eine Annahme, welche sofort die Veränderung der Species in der Zeit voraussetzte; oder aber er mußte sich ganz auf den Boden der idealistischen Philosophie stellen, wo Begriff und Sache zusammenfällt. In diesem Fall war die Annahme einer zeitlichen Veränderung der Arten nicht nöthig, die Metamorphose blieb eine ideale, sie war eine bloße Anschauungsform;

der Ausdruck Blatt bezeichnet bei diesem Standpunct nur eine ideale Grundform, von welcher die verschiedenen wirklich beobachteten Blattgebilde, wie die constanten Species bei De Candolle von einem idealen Typus sich ableiten lassen.

Wenn man nun Goethe's spätere Bemerkungen zur Metamorphosenlehre aufmerksam liest [1]), so bemerkt man leicht, daß er keine von diesen beiden Consequenzen wirklich zog, sondern zwischen beiden beständig hin- und herschwankte; es ließe sich eine Reihe von Sätzen sammeln, welche wir, wie es manche neuere Schriftsteller auch wirklich thun, als Vorboten einer Descendenztheorie deuten könnten; ebenso leicht aber ist es, aus Goethe's Sätzen eine Sammlung anzulegen, die uns ganz auf den Standpunct der Idealphilosophie und der constanten Species zurückführt. Erst in seinen letzten Lebensjahren trat bei Goethe die Annahme einer physischen, in der Zeit vollzogenen Metamorphose, also die Forderung einer Veränderung der Species zur Erklärung der Metamorphose deutlicher hervor. Hiefür spricht vorwiegend der lebhafte, ja leidenschaftliche Antheil, den Goethe an dem 1830 zwischen Cuvier und Geoffroy de Saint-Hilaire geführten Streit nahm [2]). Wir entnehmen daraus, daß sich bei Goethe trotz aller Verirrungen in die Unklarheiten der damaligen Naturphilosophie doch nach und nach das Bedürfniß nach einer klareren Einsicht in das Wesen der Metamorphose sowohl bei Pflanzen wie bei Thieren regte; ohne daß es ihm gelang, zu voller Klarheit durchzudringen.

Für die Geschichte der Botanik blieben diese besseren Regungen jedoch ohne Bedeutung; denn die Anhänger seiner Metamorphosenlehre faßten sie sämmtlich im „naturphilosophischen" Sinne auf und Goethe hatte selbst gegen die furchtbaren Entstellungen, welche seine Lehre durch die Naturphilosophen erfuhr, Nichts

---

[1]) Vergl. Goethe's sämmtliche Werke in 40 Bänden von Cotta 1858 Bd. 36.

[2]) Vergl. Häckel, natürl. Schöpfungsgeschichte 4. Auflage 1873 p. 80 ff.

einzuwenden. Die weitere Ausbildung der Metamorphosenlehre geschah daher ganz auf dem Boden der Naturphilosophie, welche die Ergebnisse des rein idealistischen Standpunctes auf unvollkommen beobachtete Thatsachen kritiklos anzuwenden gewohnt war. Vor Allem blieb der Widerspruch ungelöst, wie das Dogma von der Constanz der Species mit der „Idee der Metamorphose" der Organe in einen logischen Zusammenhang zu bringen sei. Das Uebernatürliche, was Elias Fries im natürlichen System fand, blieb nun auch in der Metamorphosenlehre, in der Vergleichung der Organe einer Pflanze bestehen.

Noch viel unklarer und ganz aus der Naturphilosophie jener Zeit herausgewachsen ist Goethe's Ansicht von der „Spiraltendenz der Vegetation" (1831): „Hat man den Begriff der Metamorphose (heißt es l. c. p. 194) vollkommen gefaßt, so achtet man ferner, um die Ausbildung der Pflanze näher zu erkennen, zuerst auf die verticale Tendenz. Diese ist anzusehen, wie ein geistiger Stab, welcher das Dasein begründet . . . Dieses Lebensprincip (!) manifestirt sich in den Längsfasern, die wir als biegsame Fäden zu dem mannigfaltigsten Gebrauch benutzen; es ist dasjenige, was bei den Bäumen das Holz ausmacht, was die einjährigen, zweijährigen aufrecht erhält, ja selbst in rankenden, kriechenden Gewächsen die Ausdehnung von Knoten zu Knoten bewirkt. Sodann aber haben wir die Spiralrichtung zu beobachten, welche sich um jene herumschlingt." Diese Spiralrichtung, die nun sofort bei Goethe in eine „Spiraltendenz" übergeht, wird an verschiedenen Vegetationserscheinungen z. B. an den Spiralgefäßen, windenden Stengeln, gelegentlich auch an der Blattstellung nachgewiesen. Wie weit sich Goethe in die Abstrusitäten der Naturphilosophie verirrte, zeigen die Schlußbemerkungen dieses kleinen Aufsatzes, wo die Verticaltendenz als das Männliche, die Spiraltendenz als das Weibliche in der Pflanze gedeutet wird. Damit war man in die tiefsten Tiefen der Mystik eingeführt.

Es wäre ebenso nutzlos wie ermüdend, die bis zum äußersten Grade der Absurdität fortschreitende Umgestaltung der Meta-

morphosenlehre bei den Botanikern der naturphilosophischen Schule im Einzelnen zu verfolgen: zu sehen, wie die Schlagworte derselben: Polarität, Contraction und Expansion, das Stielartige und Röhrige, Anaphytose und Lebensknoten u. s. w. mit den Ergebnissen alltäglichster Beobachtung zu sinnlosen Conglomeraten sich verbanden; rohe, ungeklärte Sinneseindrücke wurden ebenso wie gelegentliche Einfälle als Ideen, als Principien betrachtet. Eine ausführliche Darstellung dieser kaum glaublichen Verirrung findet man in Wigand's Geschichte und Kritik der Metamorphose. Das Unglaubliche in dieser Richtung leisteten allerdings unsere Landsleute, wie Voigt, Kieser, Nees von Esenbeck, C. H. Schulz, Ernst Meyer (der Geschichtschreiber der Botanik), aber auch andere, wie der Schwede K. A. Agardh und manche Franzosen, wie Turpin und Du Petit-Thouars [1]) u. A. blieben nicht ganz von dieser Krankheit verschont. Selbst die besten deutschen Botaniker jener Zeit, wie Ludolph Treviranus, Link, G. W. Bischoff u. A. vermochten sich dem Einfluß dieser Art Naturphilosophie nur da zu entziehen, wo sie sich an eine möglichst nüchterne Empirie hielten. Merkwürdig! wo man auf die Metamorphose der Pflanzen zu sprechen kam, verfielen selbst begabte und verständige Männer in sinnloses Phrasenthum; so z. B. Ernst Meyer, der zwar kein großer Botaniker war, aber in seiner Geschichte der Botanik sich als geistreicher und gebildeter Mann darstellt. Der peinliche Eindruck, den die Metamorphosenlehre jener Botaniker auf uns macht, wird dadurch besonders hervorgerufen,

[1] Robert du Petit-Thouars geb. in Anjou 1758 sammelte jahrelang in Isle de France, Madagascar, Bourbon Pflanzen, wurde später Director der Baumschule in Roule, 1820 Mitglied der Akademie und starb 1831. Seine biographischen Aufsätze in der Biographie universelle zeigen ihn als geistreichen Schriftsteller; bei seinen eigenen Untersuchungen, zumal über das Dickenwachsthum der Bäume, verdarben ihm vorgefaßte Meinungen und hartnäckig festgehaltene Schrullen die unbefangene Würdigung des Gesehenen. (Ausführlicheres über sein bewegtes Leben s. Flora 1845 p. 439.)

daß nicht etwa der tiefere Sinn der idealistischen Philosophie darin zu consequentem Ausdruck gelangte, sondern vielmehr dadurch, daß mit den Schlagworten derselben ein sinnloses Spiel getrieben wurde, indem man die höchsten Abstractionen mit der nachlässigsten und rohesten Empirie zum Theil mit ganz unrichtigen Beobachtungen verband. Gerade die bessere Beobachtung und die größere philosophische Consequenz hat Oken vor jenen Männern voraus, und wenn wir seine Theoreme auch verwerfen, so macht die Lectüre seiner Darstellung doch den wohlthuenderen Eindruck größerer logischer Consequenz. Wie außerordentlich viel die neuere Botanik Männern wie P. de Candolle, Robert Brown, Mohl, Schleiden, Naegeli, Unger (der sich selbst nur langsam aus der Naturphilosophie herausarbeitete), verdankt, erkennt man erst, wenn man die Literatur der Metamorphosenlehre vor 1840 mit dem durch sie angebahnten Zustand unserer Wissenschaft vergleicht.

Trotz der wirklichen und scheinbaren Verschiedenheiten der Metamorphosenlehre Goethe's und der Lehre von dem Symmetrieplan De Candolle's standen beide doch wesentlich und insofern auf demselben Standpuncte, als sie von der Constanz der Arten ausgingen und beide führten gleichmäßig zu dem Ergebniß, daß neben den mannigfaltigsten physiologischen Verschiedenheiten der Pflanzenorgane sich formale Uebereinstimmungen derselben geltend machen, die sich vorwiegend in der Entstehungsfolge und den Stellungsverhältnissen aussprechen. In dieser Unterscheidung lag überhaupt der gute Kern der Metamorphosenlehre nicht nur bei Goethe, sondern schon bei Wolff, ja selbst bei Linné und Caesalpin. Es kam nur darauf an, diesen guten Kern frei von allen Schlacken, mit denen die Naturphilosophie ihn umgeben hatte, rein darzustellen und die Betrachtung der Stellungsverhältnisse mit Ernst aufzunehmen, um auch auf diesem Gebiet der Morphologie namhafte Ergebnisse zu sichern; diesen Schritt that zuerst Carl Friedrich Schimper und dann Alexander Braun; beide nahmen den Hauptgedanken der Metamorphosenlehre in der Form, wie er sich mit der Constanz-

lehre verbinden läßt, also in rein idealistischem Sinne auf. Beide machten sich frei von den groben Verirrungen der Natur-Philosophen und brachten so die rein idealistische, formale Betrachtung der Pflanzengestalt zu consequenterem Ausdruck.

Karl Friedrich Schimper [1]) begründete schon vor 1830 die nach ihm benannte Blattstellungstheorie, die er 1834 auf der Naturforscherversammlung in Stuttgart als eine in sich abgeschlossene, fertige Theorie vortrug; eine durch Klarheit und Einfachheit ausgezeichnete Darstellung dieser Lehre gab Alexander Braun in Form eines Referats dieser Schimper'schen Vorträge in der Flora 1835, nachdem er selbst bereits eine ausgezeichnete, umfassende Abhandlung über denselben Gegenstand herausgegeben hatte. In diesen Publicationen trat die Blattstellungslehre sofort mit einer formalen Vollendung auf, die nicht verfehlen konnte, die größte Aufmerksamkeit der botanischen Welt und sogar des größeren Publikums auf sich zu ziehen; und mit Recht, denn hier trat, was auf dem Gebiete der Botanik leider so äußerst selten ist, ein wissenschaftlicher Gedanke nicht nur gelegentlich hingeworfen, sondern in allen seinen Consequenzen ausgesponnen als ein in sich vollendetes Lehrgebäude hervor, welches dadurch noch an äußerem Glanz gewann, daß seine einzelnen Sätze sich in Zahlen und Formeln ausdrücken ließen, da sich die ganze Lehre in geometrischen Constructionen bewegte, ein bis dahin in der Botanik ganz unerhörtes Verfahren.

Daß die Blätter an den sie erzeugenden Stengeln nach be-

[1]) K. F. Schimper, 1803 in Mannheim geboren, studirte anfangs, eines Stipendiums wegen in Heidelberg Theologie, nachdem er jedoch als beauftragter Pflanzensammler in Südfrankreich gereist war, nahm er seine Studien als Mediciner wieder auf. Von 1828—1842 lebte er in München zeitweise als academischer Docent thätig, zwischenweilig die Alpen und Pyrenäen und andere Gegenden im Auftrage des Königs von Bayern bereisend. In diese Zeit fallen seine wichtigsten Arbeiten über die Blattstellung und Forschungen über die frühere Ausdehnung der Gletscher und die Periode der Eiszeit. Seit 1842 lebt er wieder in der Pfalz, seit 1859 zumal in Schwetzingen als Privatgelehrter, in seinen späteren Jahren unterstützt durch eine Pension des Großherzogs von Baden. Er starb daselbst 1867

stimmten geometrischen Regeln angeordnet sind, wurde schon von Caesalpin, um die Mitte des 18. Jahrhunderts von Bonnet wahrgenommen; es blieb aber bei schwachen Versuchen einer bloßen Beschreibung verschiedener Fälle. Was Schimper's Blattstellungslehre auszeichnet, zugleich das höchste Verdienst und den Grundfehler derselben enthält, ist die Zurückführung aller Stellungsverhältnisse auf ein einziges Princip. Dieses Princip liegt in der Annahme, daß das Wachsthum am Stengel in der Richtung einer Schraubenlinie emporsteigt; die Bildung von Blättern sei eine örtliche Steigerung dieses spiraligen Wachsthums. Die Richtung dieser Schraubenlinie könne bei derselben Art sogar an derselben Axe wechseln, selbst von Blatt zu Blatt umspringen. Die wesentlichen Verschiedenheiten der Blattstellung geben sich nicht in den longitudinalen Distancen der Blätter, sondern in dem Maß ihrer seitlichen Abweichungen am Stengel zu erkennen. Die Betrachtungsweise dieser seitlichen Abweichungen oder Divergenzen der auf einanderfolgenden Blätter einer Axe, ihre Zurückführung auf ein allgemeineres Stellungsgesetz ist das characteristische dieser Lehre. Mit großem Geschick wurden zugleich die Mittel an die Hand gegeben, wie man auch in solchen Fällen, wo die genetische Reihenfolge der Blätter und also auch ihre Divergenz nicht unmittelbar zu erkennen ist, aus Nebenumständen die wahren Stellungsverhältnisse, die genetische Spirale auffinden kann. Aus unzähligen Beobachtungen wurde zwar die außerordentliche Mannigfaltigkeit der Blattstellungsmaße constatirt, aber auch zugleich gezeigt, daß eine verhältnißmäßig geringe Zahl derselben ganz gewöhnlich vorkommt und daß diese gewöhnlichen Divergenzen $1/2$, $2/3$, $3/8$, $8/13$, $13/21$ u. s. w. in einem merkwürdigen Verhältniß untereinander stehen, indem der Zähler jedes folgenden Divergenzbruches ebenso wie der Nenner desselben durch die Summirung der Zähler und Nenner der beiden vorhergehenden gewonnen wird, oder die einzelnen genannten Brüche sind die Partialwerthe eines unendlichen Kettenbruchs.

$$\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1\ldots}}}$$

Durch Abänderung einzelner Ziffern dieses einfachsten aller Kettenbrüche erhielt man auch die Ausdrücke für alle von der gewöhnlichen Hauptreihe abweichenden Stellungsmaße. — Dem Princip des spiraligen Wachsthums und der darauf gegründeten Stellungslehre schien das so häufige Vorkommen von sogenannten Blattquirlen ohne Weiteres zu widersprechen, wenigstens dann, wenn man annahm, daß sämmtliche Blätter eines Quirls gleichzeitig entstehen. Allein die Begründer der Lehre erklärten gestützt auf ihre geometrischen Constructionen, „daß jede Theorie, welche von dem Quirl als simultaner Bildung ausgeht, unrichtig ist.“ Die Art und Weise jedoch, wie die verschiedenen Blattquirle eines Stengels unter sich geordnet sind und die Art, wie dieselben mit fortlaufenden Spiralstellungen sich verbinden, erforderte neue geometrische Constructionen, es wurde die Annahme eines Zusatzes (Prosenthese) nöthig, den das Maß der Blattstellung annimmt bei dem Uebergang vom letzten Blatt des einen Cyklus zum ersten des anderen. So künstlich auch diese Construction erscheint, gewährte sie doch den Vortheil, das Spiralprincip zu retten und zugleich ließ sich das prosenthetische Verhältniß selbst wieder in höchst einfachen Bruchformen darstellen, ein großer Vortheil für die formale Betrachtung der Stellungsverhältnisse in den Blüthen und ihre Beziehung zu den vorausgehenden Blattstellungen. Die große Gewandtheit der Begründer der Blattstellungslehre in der formalen Betrachtung der ganzen Pflanzengestalt zeigte sich nicht minder bei der Feststellung der Regeln, nach denen sich die Blattstellungsverhältnisse der Seitensprosse an die der Mutteraxe anschließen, wodurch namentlich die Natur der Inflorescenzen sich in durchsichtigster und klarster Weise geometrisch darstellen ließ. Eine treffende und geschmackvolle Nomenclatur gab der ganzen Theorie nicht nur etwas Anziehendes, sondern machte dieselbe in hohem Grade geeignet, bei der formalen Beschreibung der allerverschiedensten Pflanzenformen eine geeignete und leicht verständliche, präcise Ausdrucksweise an die Hand zu geben. Diese Vorzüge der Theorie haben sich ganz besonders darin bewährt, daß seit 1835 die morphologische

Betrachtung und Vergleichung nicht nur der Blüthen und Blüthenstände, sondern auch der vegetativen Sprosse und ihrer Verzweigung zu einer großen formalen Vollendung gelangte. Von dem Princip dieser Lehre durchdrungen gelang es den Beobachtern, die verwickeltsten Pflanzengestalten dem Leser oder Hörer in einer Weise zu demonstriren, daß dieselben das Gesetz ihres Werdens offenbarend so zu sagen vor den Augen emporwuchsen, während zugleich die verborgensten Beziehungen der Organe derselben oder verschiedener Pflanzen in elegantester Ausdrucksweise klar hervortraten. Verband sich diese Darstellungsweise außerdem mit De Candolle's Anschauungen von Abortus, den Degenerationen und Verwachsungen, nahm sie zugleich Rücksicht auf die physiologischen Hauptformen der Blattgebilde, je nachdem dieselben als Niederblätter, Laub- und Hochblätter, als Blüthenhüllen, Staubblätter und Fruchtblätter ausgebildet sind, so ließ sich von jeder Pflanzengestalt eine künstlerische Beschreibung liefern, welche bei vollständiger sinnlicher Anschaulichkeit zugleich das morphologische Gesetz der Gestalt vorführte. Wer die Schriften Alexander Braun's, Wydler's ganz besonders auch die von Thilo Irmisch (seit 1843), welcher mit dieser Beschreibung zugleich die biologischen Verhältnisse der Pflanzen in beziehungsreicher Weise zu verbinden wußte, liest, wird nicht umhin können, die außerordentliche Virtuosität zu bewundern, mit welcher diese Männer die Pflanzenbeschreibung zu handhaben wußten. Den trockenen Diagnosen der Systematiker gegenüber gewann hier die Beschreibung die Bedeutung einer Kunst, welche dem Leser auch die gemeinsten Pflanzenformen in einem neuen Licht anregend vorführte. Zu all' dem aber kam noch ein Vorzug: die Blattstellungslehre schien nicht blos die fertige Form der Pflanze darzustellen, vielmehr dieselbe genetisch zu behandeln, und in der That lag ein entwicklungsgeschichtliches Element in dieser Lehre, indem sie die genetische Reihenfolge der Blätter und ihrer Axelsprosse, welche ja zugleich die Reihenfolge von der Basis nach dem Gipfel hin ist, jeder Betrachtung der Pflanzenform zu Grunde legte. Aber freilich lag auch gerade hierin

eine der schwachen Seiten der Theorie; solange es sich um fortlaufende Spiralen handelt, repräsentirt die Reihenfolge der fertigen Blätter allerdings auch die zeitliche Reihenfolge ihrer Entstehung; für die quirlständigen Blätter jedoch war dieß thatsächlich nicht bewiesen und der Theorie zu Liebe mußten hier genetische Verhältnisse vorausgesetzt werden, für welche zunächst jeder weitere Beweis fehlte; und neuere Untersuchungen haben wiederholt gezeigt, daß auch die consequenteste Anwendung der Schimper'schen Theorie sich häufig in Widerspruch mit der direct beobachteten Entwicklungsgeschichte findet [1]). Dazu kam, daß die Abweichungsmaße auch auf der fortlaufenden genetischen Spirale nur am fertigen Stengel beachtet wurden, während immerhin die Möglichkeit vorlag, daß die Divergenzen derselben bei der ersten Entstehung andere gewesen sein und sich dann geändert haben könnten, ein Punct, auf welchen Nägeli später hinwies [2]). Außerdem aber hatte Schimper's Lehre einen schwer zu beseitigenden Gegner in dem häufigen Vorkommen von streng alternirenden und paarweise gekreuzten Blattstellungen, deren Auffassung als spiralige Anordnung ohne Weiteres als willkürlich erscheinen mußte, wenn man sich nicht bloß auf den mathematischen, sondern auch auf den entwicklungsgeschichtlichen Standpunct stellte; ebenso wie bei der Aenderung der Divergenzen die Prosenthesen, so ergab sich auch die Annahme einer Umkehr der genetischen Spirale von Blatt zu Blatt (z. B. bei den Gräsern) sofort als eine zwar geometrisch berechtigte Construction, die aber der Entwicklungsgeschichte und ihren mechanischen Momenten schwerlich gerecht werden konnte. Ein großer sachlicher Mangel der ganzen Theorie lag ferner darin, daß sie über der angenommenen spiraligen Anordnung die oft so deutlich ausgesprochenen Symmetrieverhältnisse der Pflanzenform und deren Beziehungen zur Außenwelt, worüber schon Hugo Mohl 1836

---

[1]) Vergl. Hofmeister, Allgem. Morphologie 1868 p. 471, 479 ferner Sachs, Lehrb. d. Bot. 4. Aufl. 1874 p. 195 f. f.

[2]) Nägeli Beitr. z. wiss. Bot. I. 1858 p. 40 und 49.

treffliche Bemerkungen publicirt hatte, vollständig vernachlässigte, ein Mangel, der leider auch jetzt noch nicht hinreichend gewürdigt wird. Die Beachtung dieser Widersprüche, sowie die Fälle, wo die Entwicklungsgeschichte den Construktionen der Theorie widerspricht, hätten zu der Erkenntniß führen müssen, daß das Princip der Schimper'schen Lehre, die Annahme einer Spiraltendenz im Wachsthum der Pflanzen, wenigstens nicht für alle Fälle ausreicht und eine tiefere Erwägung mußte zeigen, daß in der Annahme einer solchen Spiraltendenz überhaupt ein naturwissenschaftliches Princip, durch welches die Erscheinungen wirklich erkärt werden können, ebenso wenig liegt, wie etwa in der Annahme, daß die Himmelskörper eine Tendenz zur elliptischen Bewegung besitzen, weil sie sich gewöhnlich in Ellipsen bewegen; der die Entwicklungsgeschichte zu Grund legende neueste Bearbeiter der Blattstellungslehre, Hofmeister, kommt daher zu dem Schluß[1]; „die Vorstellung vom schraubenförmigen oder spiraligen Gang der Entwicklung seitlicher Sprossungen der Pflanzen ist nicht bloß eine unzweckmäßige Hypothese, sie ist ein Irrthum. Ihre rückhaltslose Aufgebung ist die erste Bedingung zur Erlangung eines Einblicks in die nächsten Ursachen der Verschiedenheiten der Stellungsverhältnisse im Pflanzenreich.“ Dieses an sich richtige Urtheil ist jedoch 30 Jahre nach der Entstehung der Schimper'schen Theorie gefällt; die Geschichte, die einen anderen Standpunkt einnimmt, nicht nur nach der Richtigkeit einer Theorie fragt, sondern ihre geschichtliche Bedeutung würdigen muß, urtheilt günstiger. Nicht ob die Theorie richtig war, sondern was sie zum Fortschritt der Wissenschaft beigetragen hat, ist für die geschichtliche Betrachtung die Hauptsache. Ihre Fruchtbarkeit aber war eine sehr bedeutende, insoferne durch Schimper's Theorie die morphologisch so wichtigen Stellungsverhältnisse der Organe zum ersten Mal ganz in den Vordergrund der Morphologie gestellt wurden; ja ein großer Theil der Ergebnisse der Entwicklungsgeschichte trat durch consequente Anwendung oder

---

[1] Allgem. Morph. p. 482.

durch Opposition gegen die Theorie erst in das rechte Licht. Bei ihren Grundfehlern bleibt die Schimper'sche Theorie schon deßhalb eine der beachtenswerthesten Erscheinungen in der Geschichte der Morphologie, weil sie überhaupt eine consequent durchgeführte Theorie ist. Wir möchten dieselbe in unserer Literatur ebensowenig entbehren, als etwa die heutige Astronomie in ihrer Geschichte die alte Theorie der Epicyklen beseitigt wünschen kann. Beide Theorien hatten das Verdienst, die zu ihrer Zeit bekannten Thatsachen unter einander zu verbinden.

Der Grundfehler der Blattstellungstheorie liegt viel tiefer, als es auf den ersten Anblick scheint. Es ist auch hier die idealistische Auffassung der Natur, die von dem Causalnexus Nichts wissen will, weil sie die organischen Formen für immer wiederkehrende Nachbildungen ewiger Ideen nimmt und diesem platonischen Gedankenkreise entsprechend, die Abstractionen des Verstandes mit dem objectiven Wesen der Dinge verwechselt. Diese Verwechslung aber zeigt sich in der Lehre Schimper's darin, daß er die willkürlichen, wenn auch von seinem Standpunkt aus höchst zweckmäßigen geometrischen Constructionen, die er auf die Pflanze überträgt, für wesentliche Eigenschaften der Pflanzen selbst hält, daß er die vom Verstande bewirkte Verknüpfung der Blätter durch eine Spirallinie für eine in der Natur der Pflanze liegende Tendenz nimmt. Schimper übersah bei seinen Constructionen, daß, weil ein Kreis durch Umdrehung eines Radius um einen seiner Endpunkte construirt werden kann, daraus noch nicht folgt, daß kreisförmige Flächen in der Natur auf diese Weise wirklich entstanden sein müssen, mit andern Worten, er übersah, daß die geometrische Betrachtung räumlicher Anordnungen, so nützlich sie sonst sein mag, keine Auskunft über die Ursachen ihrer Entstehung giebt. Für Schimper's Standpunkt war das aber eigentlich kein Uebersehen, denn wirkende Ursachen im Sinne der ächten Naturwissenschaft, würde er bei der Erklärung der Pflanzenform wohl kaum zugelassen haben. Wie weit Schimper davon entfernt war, die Pflanzenformen für etwas in der Zeit Gewordenes, nach

Naturgesetzen Entstandenes gelten zu lassen, wie tief verächtlich ihm die Grundlagen der neueren Naturwissenschaft waren, zeigt sich in krasser Form in einem Urtheil über Darwin's Descendenztheorie und die neuere Atomistik, deren Grobheit um so mehr überrascht, als Schimper eine feinfühlende, sogar poetisch angelegte Natur war. „Die Zuchtlehre Darwin's, sagt er[1]), ist, wie ich gleich gefunden und bei wiederholtem aufmerksamen Lesen nur immer besser wahrnehmen mußte, die kurzsichtigste, niedrigdummste und brutalste, die möglich und noch weit armseliger als die von den zusammengewürfelten Atomen, mit der ein moderner Possenreißer und gemietheter Fälscher bei uns sich interessant zu machen versucht hat." Hier prallte eben die alte platonische Naturanschauung an die neue Naturwissenschaft an; die härtesten Gegensätze, welche die Cultur bisher zu Tage gefördert hat.

Eines weiteren Ausbaues war die Schimper'sche Theorie, die man des lebhaften Antheiles wegen, den Braun von vornherein an ihrer Begründung und Anwendung nahm, wohl besser die Schimper-Braun'sche nennen darf, nur in mathematisch formaler Richtung fähig, wie dies zumal in Naumann's Schrift „Ueber den Quincunx als Grundgesetz der Blattstellung vieler Pflanzen" (1845) hervortrat. — Die oben genannten Mängel, aber nicht die Vorzüge der Schimper-Braun'schen Theorie theilte die ungefähr zehn Jahre später aufgestellte Blattstellungslehre der Gebrüder L. und A. Bravais. Obwohl in noch höherem Grade, als jene, die mathematisch formale Seite herauskehrend, ohne auf die genetischen Verhältnisse Rücksicht zu nehmen, ist sie doch weniger consequent in sich selbst, insoferne sie zwei grundverschiedene Arten der Blattstellung annimmt, nämlich geradlinig und krummlinig geordnete Stellungen; für letztere wird, ohne ersichtlichen Grund, eine rein ideale Urdivergenz angenommen, welche in irrationalem Verhältniß zum

[1]) In einem Flugblatt: Gruß und Lebenszeichen für die in Hannover versammelten Freunde und Mitstrebenden von K. F. Schimper 1865.

Stammumfang steht und von welcher alle andern Divergenzen sich sollen ableiten lassen, was schließlich auf eine Zahlenspielerei hinauslief, durch welche in dieser Form eine tiefere Einsicht in die Ursachen der Stellungsverhältnisse nicht gewonnen wurde. An Brauchbarkeit für die methodische Pflanzenbeschreibung stand die Bravais'sche Theorie hinter der Schimper-Braun'schen weit zurück[1]).

Die mit dem Beginn der vierziger Jahre begründete genetische Morphologie vertrug sich, so gut es eben gehen wollte, mit der auf ganz anderem Princip aufgebauten Blattstellungslehre; der Hauptsache nach gingen beide ungestört neben einander her, bis 1868 Hofmeister in seiner allgemeinen Morphologie das Princip der Schimper'schen Theorie selbst angriff und an die Stelle der rein formalen eine genetisch mechanische Erklärung der Stellungsverhältnisse zu setzen suchte; ein Versuch, der zwar noch nicht, wie dieß in der Natur der Sache liegt, zu einer in sich abgerundeten Theorie geführt hat, dafür aber die Keime einer weiteren Entwicklung dieser wichtigen Lehre enthält, deren Darstellung jedoch nicht in den Rahmen unserer Geschichte gehört.

Die Schimper-Braun'sche Blattstellungslehre, wie sie nach 1830 auftrat, hatte nur eine Seite der Metamorphosentheorie zu klarer Darstellung gebracht: die noch weiter in derselben liegenden, theoretisch verwerthbaren Elemente wurden erst zwischen 1840—1860 von **Alexander Braun** weiter cultivirt, in einem Zeitraum, wo bereits ganz andere Gesichtspuncte der botanischen Forschung sich geltend machten, wo durch die Begründung der Zellenlehre, der feineren Anatomie, der Entwicklungsgeschichte und der methodischen Kryptogamenkunde der thatsächliche Inhalt der Botanik ebenso sehr bereichert, wie die Methode der Forschung in die physikalisch mechanische Richtung geleitet wurde. A. Braun, der in der Einzelforschung regen

---

[1]) Eine Vergleichung beider Theorieen und die Zurückweisung von Schleiden's Behauptung, daß die Bravais'sche „die Einfachheit des Gesetzes" besser ausdrücke, findet man Flora 1847 Nro. 13. von Sendtner und in Braun's „Verjüngung" p. 126.

Antheil an dieser Neugestaltung der morphologischen Botanik nahm, hielt jedoch an der idealistischen Gesammtansicht fest und indem er die Ergebnisse der neuen Forschungen sämmtlich in diesem Sinne wiederholt und zusammenfassend bearbeitete, zeigte sich, in wieweit die idealistisch platonisirende Naturbetrachtung im Stande ist, ihrerseits den Ergebnissen genauer inductiver Forschung Rechnung zu tragen. Der Gegensatz zwischen seinem Standpunkt und dem der hervorragendsten Führer der induktiven Richtung trat mit den Jahren immer schärfer hervor und muß hier als eine geschichtliche Thatsache behandelt werden. Wenn ich aber, in Ermangelung eines besseren Ausdrucks, die namentlich durch Mohl, Schleiden, Nägeli, Unger, Hofmeister, angebahnte neue Richtung der Botanik als die inductive der durch Braun und seine Schule vertretenen idealistischen Richtung entgegenstelle, so ist damit nicht gesagt, daß die letztere nicht ebenfalls auf inductivem Wege im Einzelnen zur Bereicherung der Wissenschaft beigetragen habe; vielmehr verdankt diese vor Allem A. Braun selbst eine Reihe bedeutender Arbeiten in diesem Sinne. Indem ich die neuere Richtung als die inductive bezeichne, nehme ich dies Wort in einem höheren Sinne, als es gewöhnlich geschieht und eine Erklärung darüber wird gerade hier nicht überflüssig sein. Die idealistischen Naturanschauungen aller Zeiten, mögen sie als Platonismus, aristotelische Logik, als Scholastik oder moderner Idealismus auftreten, haben sämmtlich das gemein, daß sie die höchste dem Menschen erreichbare Erkenntniß als eine bereits gewonnene, feststehende betrachten; die obersten Sätze, die umfassendsten Wahrheiten gelten als bereits bekannt, und die inductive Forschung hat wesentlich nur die Aufgabe, dieselben zu bestätigen; die Ergebnisse der Beobachtung dienen mehr zur Erläuterung der bereits feststehenden Ansichten, zur Illustration bereits bekannter Wahrheiten; die inductive Forschung hat allein die Aufgabe, die einzelnen Thatsachen festzustellen. In dem Sinne dagegen, wie ich die inductive Forschung mit Bacon, Locke, Hume, Kant, Lange verstehe, ist ihre Aufgabe eine wesentlich weitergehende;

sie soll nicht bei der Feststellung der einzelnen Thatsachen stehen bleiben, sondern sie zur kritischen Prüfung der uns überlieferten allgemeinsten Anschauungen benutzen, womöglich neue umfassende Theorieen aus ihnen ableiten, selbst für den Fall, daß diese den hergebrachten Ansichten durchaus widersprechen. Im Wesen dieser Forschungsmethode liegt es aber, daß ihre allgemeinen Ergebnisse einer beständigen Schwankung und Verbesserung unterworfen sind; jede allgemeinere Wahrheit hat für sie nur eine zeitweilige Geltung, so lange die neuen Thatsachen keinen Widerspruch erheben. Der Unterschied des Idealismus und der inductiven Methode auf dem Gebiet der Naturwissenschaft läuft also darauf hinaus, daß jener die neuen Thatsachen einem Schema alter Begriffe einordnet, diese dagegen aus neuen Thatsachen neue Begriffe ableitet; jener ist seiner Natur nach dogmatisch und intolerant, diese vorwiegend kritisch; jener conservativ, diese vorwärts drängend; jener mehr zur philosophischen Contemplation, diese mehr zu thatkräftiger, productiver Forschung geneigt. Zu all dem kommt aber noch ein Moment von großer Bedeutung; die idealistische Naturanschauung, indem sie die Causalität verwirft, erklärt die Natur aus Zweckbegriffen, sie ist teleologisch; damit werden in die Naturwissenschaft ethische, selbst theologische Elemente eingeführt.

In dieser Art stellt sich nun der Unterschied der durch A. Braun vertretenen idealistischen Richtung und der neueren inductiven Morphologie wirklich dar. Wäre es Aufgabe dieser Geschichte, nur die Entdeckungen neuer Thatsachen zu verzeichnen, so wäre es überflüssig, auf diese Differenzen hier hinzuweisen, dann aber wäre es auch unmöglich, gerade die eigenthümlichste und historisch interessanteste Seite in A. Braun's langer wissenschaftlicher Thätigkeit richtig zu würdigen; diese aber dürfte, abgesehen von seinen zahlreichen descriptiven und monographischen Arbeiten, ganz vorwiegend in seinen philosophischen Bestrebungen auf dem Gebiet der Morphologie liegen, die schon deßhalb unsere Beachtung verdienen, weil in ihnen die ungeklärten Anschauungen Goethe's zu ihren letzten Consequenzen durchdringen, der der

älteren Naturphilosophie zu Grunde liegende Idealismus in reinerer Form auftritt. Seit Caesalpin hat kein anderer Botaniker, so wie Braun, versucht, die Ergebnisse der inductiven Forschung mit den Theoremen einer idealistischen Philosophie überall zu durchdringen.

Braun's philosophische Ansichten gehen nicht nur neben dem thatsächlichen Inhalt seines Wissens einher, sie durchdringen dasselbe vielmehr überall und in den verschiedensten seiner Schriften, Beiträge und Monographieen werden die Thatsachen von seinen philosophischen Grundanschauungen aus betrachtet. Zusammengefaßt hat er diese letzteren jedoch und durch einen großen Reichthum der verschiedensten Thatsachen erläutert in seinem berühmten Buch: „Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur, insbesondere in der Lebens- und Bildungsgeschichte der Pflanze 1849—50“. Den Gegensatz seines Standpunctes gegen die neuere inductive Richtung betont er selbst in der Vorrede (p. X), indem er den etwa zu erhebenden Vorwurf, daß seine Richtung als eine veraltete betrachtet werden könne, mit den Worten zurückweist: „Eine lebendigere Naturbetrachtung, wie sie hier versucht wurde, welche in den Naturkörpern nicht bloß die Wirkung todter Kräfte, sondern den Ausdruck lebendiger That zu finden sucht, führt nicht, wie man wohl glaubt, zu bodenlosen Phantasiegebäuden, denn sie maßt sich nicht an, das Leben der Natur auf anderem Wege als eben in seiner Offenbarung durch die Erscheinung kennen zu lernen“ u. s. w.; noch schärfer wird dieser Gedanke im Text (p. 13) betont: „Wie uns die Natur äußerlich ohne den Menschen nur das Bild eines herrenlosen Irrgartens bietet, so führt auch die wissenschaftliche Betrachtung, welche die innere geistige Grundlage der Natur und den wesentlichen Zusammenhang derselben mit dem Geist leugnet [1]), in ein Chaos von unbekannten,

---

[1]) Dies thut die neuere inductive Naturwissenschaft keineswegs, sie faßt den Zusammenhang nur anders auf, inden sie das Verhältniß des erkennenden Subjectes zu den Erscheinungen beachtet.

d. h. dem Geiste verschlossenen Stoffen und Kräften, oder eigentlicher nur von unbekannten Ursachen, welche auf unerklärliche Weise zusammenwirken.“ In einer Anmerkung hiezu wird ausdrücklich auf „das Trostlose einer solchen wesenlosen Naturbetrachtung, welche natürlich in der Vorstellung und Sprache der Wissenschaft alles dasjenige auszurotten bestrebt sein muß, was ihr von ihrem Standpuncte als anthropopatisch erscheint“, hingewiesen und somit ein gemüthlich ethisches Moment als von der botanischen Forschung unzertrennlich postulirt. Die Hauptaufgabe des genannten Werkes ist nun der Nachweis, daß im organischen Leben Alles auf Verjüngung hinausläuft, für welchen Begriff zunächst eine Definition zwar nicht gegeben, aber durch den ganzen Inhalt des Werkes angestrebt wird. Wir können den Begriff der Verjüngung, wie er sich hier darstellt, als eine Erweiterung des Begriffs Metamorphose betrachten, in welcher erweiterten Form derselbe geeignet ist, auch die Ergebnisse der Zellentheorie, der Entwicklungsgeschichte und der neueren Cryptogamenkunde von dem Standpuncte des Idealismus zu umfassen. Es tritt hier, wie auch bei anderen Gelegenheiten, eine Eigenthümlichkeit von Braun's Darstellungsweise hervor, die darin liegt, daß er zu einem Wort, wie hier zu dem der Verjüngung, später zu dem Wort Individuum, nicht eine präcise, willkürlich gewählte Definition giebt, hinter dem Worte vielmehr einen tiefen, ja geheimnißvollen Sinn sucht, der nun durch die Betrachtung der Erscheinungen erkannt und an's Licht gezogen werden soll. — „Wir sehen, heißt es (Verjüngung l. c. p. 5,), also Jugend und Alter in einer und derselben Entwicklungsgeschichte im Wechsel miteinander auftreten, wir sehen die Jugend das Alter durchbrechen und, fortbildend oder umgestaltend, mitten in die Entwicklungsgeschichte eintreten. Es ist dieß die Erscheinung der Verjüngung, welche in allen Lebensgebieten in unendlich mannigfaltiger Weise sich wiederholt, aber wohl nirgends deutlicher ausgesprochen und der Forschung zugänglicher auftritt, als im Pflanzenreich. Ohne Verjüngung giebt es keine Entwicklungsgeschichte.“ — „Fragen wir nun nach den Ursachen der Verjüngungserscheinungen (p. 7), so werden

wir zwar anerkennen, daß die äußere Natur, in welche das besondere Leben in seiner Darstellung eintritt, rufend und weckend wirkt durch die Einflüsse, welche die Jahreszeiten, ja selbst die Tageszeiten bringen, aber die eigentliche innere Ursache wird doch nur gefunden werden können in dem Triebe nach Vollendung, der jedem Wesen in seiner Art zukommt und es treibt, die ihm fremde Außenwelt immer vollkommener sich unterzuordnen, sich in ihr so selbstständig, als die specifische Natur es mit sich bringt, zu gestalten." Weiterhin (p. 17) heißt es: „Der specifische Bildungstrieb ist aber gleichfalls keine von außen gegebene Richtung der Thätigkeit, sondern ein innerlich gegebener, aus innerem Grunde als innere Bestimmung und Kraft wirkender." Bei dieser Gelegenheit mag hier noch ein Satz aus Braun's Abhandlung über die Polyembryonie 1860 (p. 111) herbeigezogen werden: „Wenn auch der Organismus in seiner Verwirklichung physicalischen Bedingungen unterworfen ist, so liegen doch die eigentlichen Ursachen seiner morphologischen und biologischen Eigenthümlichkeit nicht in diesen Bedingungen; seine Gesetze gehören einer höheren Entwicklungsstufe des Daseins an, einem Bereiche, in welchem das Vermögen der inneren Selbstbestimmung unzweifelhaft hervortritt. Verhält es sich so, so erscheinen die Gesetze des Organischen gleichsam als Aufgaben, deren Erfüllung nicht durchaus, sondern nur in Beziehung auf Erreichung eines bestimmten Zweckes nothwendig ist; als Vorschriften, von deren strenger Befolgung möglicherweise auch abgewichen werden kann." — Doch kommen wir nochmals auf den Begriff der Verjüngung zurück, so finden wir ferner (p. 18) den Satz: „Für den Begriff der Verjüngung ziehen wir aus den vorhergehenden Betrachtungen die Folgerung, daß das Aufgeben bereits erreichter Gestaltungen und das Zurückgehen zu neuen Anfängen, womit die Verjüngung beginnt, nur die äußere Seite des Vorganges bezeichnen, während die wesentliche Seite desselben vielmehr eine innere Sammlung ist, gleichsam ein neues Schöpfen aus dem eigenen Lebensgrund, ein erneutes Sichbesinnen auf die specifische Aufgabe oder eine erneute Erfassung des

typischen Vorbildes, welches im äußeren Organismus dargestellt werden soll. Hierdurch erhält die Verjüngung ihre bestimmte Beziehung zur Entwicklung, die eben nur das im Wesen des Geschöpfes Liegende, ihm innerlich Eigene in stufenweiser Vervollkommnung zur Darstellung bringen kann und soll." Und am Schlusse des Werkes (p. 347) heißt es: „Die Art und Weise, in welcher die innere, in ihrem Grunde geistige Natur des Lebens sich insbesondere in der Erscheinung der Verjüngung manifestirt, können wir im wahren Sinne des Wortes als Erinnerung bezeichnen, als die Gabe, gegenüber der Veräußerlichung und Veraltung des Lebens, in der Erscheinung die innere Bestimmung von Neuem zu erfassen und mit erneuter Kraft nach außen zu wenden" u. s. w.

Der so erfaßte Begriff der Verjüngung wird nun auf alle Lebenserscheinungen der Pflanzen angewendet, nicht nur die Metamorphose der Blätter, die Sproßbildung und Verzweigung, die verschiedenen Formen der Zellbildung, sondern auch die paläontologischen Thatsachen sind Manifestationen der Verjüngung, die nun im Verfolg die Eigenschaft eines abstracten Begriffes abstreift und sich zu einem thätigen Wesen personificirt (z. B. p. 8 „Thätigkeit der Verjüngung").

Die Beziehungen von Braun's Standpunct zu der Frage nach der Constanz der Arten können einigermaßen zweifelhaft erscheinen; manche Aeußerungen lassen sich so deuten, als ob sie eine im Laufe der Zeiten sich vollziehende Umgestaltung der Species zulassen wollten, während andere Aeußerungen dem widersprechen und gerade die letzteren erscheinen als die bei dem Standpunct des Idealismus consequenten. So heißt es z. B. (p. 9): „Der Schein, als ob immer nur das Gleiche in der Natur sich wiederhole, hebt sich bei einem Rückblick aus unserer stationären Zeit in die Reihenfolge vorweltlicher Epochen. Hier finden wir in Wirklichkeit die ersten Anfänge der Arten, der Gattungen, ja selbst der Ordnungen und Classen des Pflanzen- und Thierreichs; wir sehen zugleich, wie mit dem Erscheinen der höheren Stufen der organischen Reiche mehr oder weniger durchgreifende Umgestal-

tungen verbunden sind, so daß hinwiederum Gattungen und Arten der alten Welt verschwinden, während neue an ihre Stelle treten. In allem diesem Wechsel aber spricht sich nicht der bloße Zufall einerseits zerstörender, andererseits neuen Boden für das Gedeihen der organischen Natur gründender Erderschütterungen aus, sondern vielmehr bestimmte, bis in das Einzelne durchgreifende Gesetze der Entwicklung des organischen Lebens." Dem gegenüber aber finden wir am Schluß der Abhandlung über die Polyembryonie, welche kurz vor dem Erscheinen von Darwin's epochemachendem Werk geschrieben wurde, einen Satz, der die Annahme der Verwandlung der Arten als sehr zweifelhaft erscheinen läßt, indem es (p. 257) heißt: „Kann man, wenn man überhaupt einen organischen Zusammenhang in der Entwicklungsgeschichte der Pflanzenformen anzunehmen berechtigt sein sollte, sich vorstellen, daß der Typus der Moose sowohl, als der der Farne aus der Algenform hervorgegangen sei, oder sollte umgekehrt die Algenform den Moosen und Farnen den Ursprung verdanken?"

Die hier zur Bezeichnung von Braun's naturphilosophischem Standpunct angeführten Sätze geben noch keine Vorstellung von der Art, wie dieselben nun in der Darstellung der Thatsachen bei der Anordnung des empirischen Materials das Ganze durchdringen, was zu veranschaulichen natürlich nicht wohl Gegenstand eines kurzen Referates sein kann. Noch schärfer als in der Verjüngung tritt Braun's Auffassungsweise in einer drei Jahre später erschienenen Abhandlung „das Individuum der Pflanze in seinem Verhältniß zur Species, Generationsfolge, Generationswechsel und Generationstheilung der Pflanze" 1852 und 1853 hervor. Wie in dem vorhin genannten Werk zu dem Worte Verjüngung, so wird hier zu dem Worte Individuum der Begriff aufgesucht. Eine in der That schwierige Aufgabe, wenn man bedenkt, wie vielerlei Bedeutungen man gerade diesem Worte im Lauf der Zeiten beigelegt hat; zwischen den Individuen oder Atomen des Epikur, den Individuen oder Monaden des Leibnitz und den Atomen der modernen Chemie, den Be-

trachtungen der Scholastiker über das Principium individuationis im Gegensatz zu der von ihnen behaupteten Realität der Universalbegriffe, bis zu der gewöhnlichen Anwendung des Wortes in der alltäglichen Sprache, wo ein einzelner Mensch oder ein einzelner Baum und dergl. als Individuum bezeichnet wird, liegen die Weltanschauungen verschiedener Jahrtausende, wie ja überhaupt Sinn und Bedeutung alter Worte sich ändern, nicht selten geradezu in ihr Gegentheil umschlagen. Bei dem nominalistischen Standpunct der neueren Naturwissenschaft hat dieß wenig zu bedeuten, weil diese die Worte und Begriffe als bloße Werkzeuge der gegenseitigen Verständigung betrachtet, in den Worten und Begriffen selbst niemals einen anderen Sinn sucht, als den man vorher absichtlich hineingelegt hat. Ganz anders verfährt Braun, indem er aus der Vergleichung der mannigfaltigsten Vegetationserscheinungen, aus der Kritik früherer Ansichten über das Pflanzenindividuum einen tieferen Sinn nachzuweisen sucht, der mit diesem Wort verbunden werden müsse.

Uebrigens ist die Untersuchung des Individuums nur der Faden, an welchem sich die Reflexionen Braun's hinziehen; im Laufe derselben werden noch einmal die Grundsätze der teleologischen Naturphilosophie dargestellt und ihr Gegensatz gegen die moderne Naturwissenschaft hervorgehoben, wobei aber freilich die letztere wieder starken Mißverständnissen unterliegt, wenn sie als materialistisch, ihre Atome als todte, ihre Kräfte als blinde bezeichnet werden. Daß die Geschichte der Philosophie außer Aristoteles auch noch einen Bakon, Locke, Kant aufzuweisen hat, daß sogar die Frage nach dem Individuum schon von den Scholastikern behandelt worden war, würde man nach Braun's Darstellung kaum vermuthen. Die Berücksichtigung auch des anderen Standpunctes wäre aber um so erspießlicher gewesen, als der Verfasser im Beginn seiner Abhandlung die Ansicht ausspricht, die Lehre vom Individuum gehöre an den Eingang der Botanik, wogegen man allerdings auch wohl behaupten könnte, sie sei überhaupt ganz überflüßig.

Der Gedankengang bei der Aufsuchung dessen, was man

ein botanisches Lehrbuch durch eine 131 Seiten lange methodologische Einleitung über das Wesen der inductiven Forschung im Gegensatz zur dogmatischen Philosophie eingeführt zu sehen, an den verschiedensten Stellen des Buches selbst immer wieder die Grundsätze der Induction hervorgehoben zu finden. Man kann auch an dem Inhalt dieser Einleitung sehr viel aussetzen; daß manche philosophische Sätze darin mißverstanden sind, daß Schleiden selbst vielfach gegen die dort gestellten Forderungen verstieß, wenn er z. B. an Stelle der von ihm abgewiesenen Lebenskraft den Gestaltungstrieb nisus formativus setzt, der eben die Lebenskraft nur unter anderem Namen wieder einführt, man kann es überflüssig finden, daß er die Entwicklungsgeschichte als eine „Maxime" im Kantischen Sinne hinstellt, statt zu zeigen, daß die Entwicklungsgeschichte eben in der inductiven Forschung sich ganz von selbst darbietet u. dergl. m.; mit all dem aber würde man die historische Bedeutung dieser philosophischen Einleitung nicht abschwächen: die Art, wie damals die descriptive Botanik tradirt wurde, war so durch und durch dogmatisch scholastisch, trivial und unkritisch, daß den Jüngeren wenigstens ausführlich gesagt werden mußte, daß dies nicht die Methode naturwissenschaftlicher Forschung sei.

Specieller auf die Aufgaben botanischer Forschung übergehend, betonte dann Schleiden überall die Entwicklungsgeschichte als die Grundlage jeder morphologischen Einsicht, wobei er freilich über das Ziel hinausschoß, wenn er die bloß vergleichende Methode, die doch bei De Candolle namhafte Resultate ergeben hatte, und welche im Grunde auch das fruchtbare Element in der Schimper-Braun'schen Blattstellungslehre ist, als eine unfruchtbare abwies. Dafür ist aber hervorzuheben, daß Schleiden selbst an der Entwicklungsgeschichte der Pflanzen energisch sich betheiligte, vor Allem auch die Embryologie in den Vordergrund zog, in der Metamorphosenlehre den entwicklungsgeschichtlichen Standpunct vertrat, gegenüber der von Goethe eingeführten Behandlung der Metamorphose auf die viel klarere Caspar Friedrich Wolff's hinwies u. s. w. Endlich gehört

konnten und wollten, den Weg; er schuf so zu sagen erst ein wissenschaftlich botanisches Publicum, welches im Stande war wissenschaftliches Verdienst von dilettantenhafter Spielerei zu unterscheiden. Wer von jetzt an mitreden wollte, mußte sich zusammennehmen, denn er wurde mit anderem Maß gemessen als bisher.

Schleiden, der seine Thätigkeit als Botaniker mit einigen wichtigen anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen eröffnet hatte, unter denen besonders die Entwicklungsgeschichte der Samenknospe vor der Befruchtung 1837 durch Inhalt und Darstellung werthvoll war, schrieb selbst ein umfangreiches Lehrbuch der gesammten Botanik, welches zuerst 1842 und 43, dann aber sehr verbessert 1845 und 46 (auch später noch zweimal) herauskam. Der Unterschied zwischen diesem Werk und allen vorhergehenden Lehrbüchern ist wie Tag und Nacht; jener gedankenlosen Trägheit gegenüber hier eine sprudelnde Fülle von Leben und Gedanken, die vor Allem gerade auf die Jugend um so mehr wirken mußte, als sie in sich selbst vielfach unfertig und unvergohren war; auf jeder Seite dieses merkwürdigen Buches fand der Studirende neben wirklich wissenswerthen Thatsachen interessante Reflexionen, lebhafte, meist grobe Polemik, Lob und Tadel gegen Andere. Es war kein Lehrbuch aus dem sich ruhig und behaglich studiren ließ, welches aber den Studirenden überall anregte, Parthei für oder wider zu nehmen und weitere Belehrung zu suchen.

Das erwähnte Lehrbuch wird gewöhnlich unter dem Titel „Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik" citirt; sein Haupttitel aber ist: „Die Botanik als inductive Wissenschaft", womit sofort der Punct bezeichnet ist, auf welchen Schleiden das Hauptgewicht legte. Es kam ihm vor Allem darauf an, die in den Lehrbüchern so sehr verunstaltete Wissenschaft, die kaum noch eine Aehnlichkeit mit einer Naturwissenschaft hatte, auf Eine Linie zu stellen mit der Physik und der Chemie, in denen bisher vorwiegend der Geist ächter inductiver Naturforschung zur Geltung gekommen war im Gegensatz zu der Naturphilosophie der letzt vergangener Jahrzehnte. Es mag uns jetzt sonderbar vorkommen,

Wort, Nägeli's Betrachtungen über die „gegenwärtige Aufgabe der Naturgeschichte" l. c. sind nicht nur logisch vollkommen consequent im Sinne der inductiven Methode, sie sind es auch da noch, wo die Annahme der Constanz der Arten Andere so leicht zu logischen Sprüngen verleitet hatte.

Nägeli machte nun Ernst mit den von ihm aufgestellten Forderungen an die inductive Forschung und zwar im weitesten Sinne des Wortes; wie er diesen Forderungen bei der Widerlegung von Schleiden's und der Begründung seiner eigenen Zellenlehre, wie er ihnen später bei der Begründung seiner Theorie der Molekularstructur und des Wachsthums der organisirten Gebilde, gerecht wurde, in diesen Untersuchungen wahre Musterbeispiele ächt inductiver Forschung aufstellte, werde ich in der Geschichte der Phytotomie ausführlich zeigen. Hier soll nur hervorgehoben werden, was Nägeli auf diesem Wege für die Morphologie und Systematik erreichte; es waren auf diesem Gebiet vorwiegend zwei Neuerungen von der tiefgehendsten Bedeutung, welche Nägeli einführte und durch welche Ziel und Methode der Forschung auf Jahrzehnte hinaus bestimmt wurden. Vor Allem knüpfte er seine morphologischen Untersuchungen wo irgend möglich an die niederen Kryptogamen an, um sie an den höheren und an den Phanerogamen weiter zu führen, d. h. er ging von den einfachen, klaren Thatsachen zu den schwierigeren über, zugleich aber wurden so die Kryptogamen nicht nur in den Bereich methodischer Forschung hineingezogen, sondern geradezu zum Ausgangspunct derselben erhoben. Die Morphologie gewann damit nicht bloß eine streng entwicklungsgeschichtliche Grundlage, sie erhielt vielmehr schon dadurch ein ganz anderes Ansehen, daß die bisher an den Phanerogamen abstrahirten morphologischen Begriffe hier an den niederen Kryptogamen entwicklungsgeschichtlich untersucht wurden. Das war die eine Neuerung, die zweite eng damit zusammenhängende lag in der Art, wie Nägeli nun die neue Zellenlehre zum Ausgangspunct der Morphologie machte. Die erste Entstehung der Organe nicht nur, sondern auch das weitere Wachs-

thum wurde auf die Entstehung ihrer einzelnen Zellen zurückgeführt; es ergab sich sofort das merkwürdige Resultat, daß zunächst bei den Kryptogamen, deren Wachsthum überhaupt mit Zelltheilungen verbunden ist, eine ganz bestimmte Gesetzmäßigkeit in der Aufeinanderfolge und Richtung der Theilungswände obwaltet, daß Zellen von ganz bestimmter Ableitung den Ursprung und das weitere Wachsthum jedes Organs vermitteln. Das Merkwürdigste war, daß jeder Stamm oder Zweig, jedes Blatt und sonstige Organ an seinem Scheitel eine einzelne Zelle besitzt, durch deren gesetzmäßige Theilungen alle übrigen entstehen, so daß für jede Gewebezelle ihre Herkunft aus jener Scheitelzelle nachgewiesen werden kann und schon in den Jahren 1845 und 46 (Zeitschr. f. wiss. Bot.) zeigte Nägeli die drei Hauptformen, unter denen die Segmentirung einer Scheitelzelle sich vollzieht, nämlich die einreihige, zwei- und dreireihige (Delesseria, Echinomitrium, Phascum, Jungermannia, Moosblätter). Gewann auf diese Weise das Studium der Wachsthumsgeschichte der Kryptogamen eine ungemeine Klarheit und Bestimmtheit ihrer einzelnen Momente, so zeigte Nägeli andererseits schon 1844 an einer Algengattung (Caulerpa), daß das Wachsthum einer Pflanze auch dann die gewöhnlichen morphologischen Differenzirungen in Axe, Blatt und Wurzel zeigen könne, wenn die Fortpflanzungszelle bei der Entwicklung und weiterem Wachsthum überhaupt gar keine Zelltheilungen erleidet und 1847 wurden ähnliche Verhältnisse zuerst bei Valonia, Udotea und Acetabularia ausführlich nachgewiesen. Abgesehen von anderen Folgerungen war durch diese Thatsachen festgestellt, daß die morphologische Differenzirung während des Wachsthums nicht als eine Wirkung der Zelltheilungen betrachtet werden dürfe und zugleich gewann der Begriff der Zelle durch derartige Fälle eine höchst merkwürdige Erweiterung.

Uebrigens ließ es Nägeli nicht dabei bewenden, unter den niederen Kryptogamen lehrreiche Beispiele für allgemeine morphologische Sätze aufzusuchen; er widmete vielmehr den Algen ein specielles Studium auch im systematisch descriptiven Sinne;

14*

und seine 1847 erschienenen „neuen Algensysteme“ sowie die 1849 publicirten „Gattungen einzelliger Algen“ waren die ersten und erfolgreichen Versuche, auf diesem bisher zwar nicht vernachlässigtem aber seit Vaucher nicht mehr methodisch bearbeitetem Gebiet ernste Forschung dem bloßen Sammeleifer entgegenzustellen; in diesem Sinne brachte auch Alexander Braun in seiner Verjüngung ein reiches Material neuer Beobachtungen über die Lebensweise und die damit eng verknüpften morphologischen Verhältnisse der Algen, Arbeiten, denen sich in den nächsten Jahren die wichtigen Untersuchungen von Thuret, Pringsheim, De Bary u. a. anschlossen, auf die ich weiter unten zurückkomme.

Noch bevor die Untersuchung der Algen und bald darauf auch die der Pilze zu ihren großen Ergebnissen führte, erfuhr aber die Systematik der höheren Pflanzen eine tiefgreifende Umgestaltung durch die methodisch durchgeführte Embryologie der Muscineen und Gefäßkryptogamen.

Unter den Kryptogamen waren die Muscineen und Gefäßkryptogamen seit dem vorigen Jahrhundert vielfach von guten Beobachtern sorgfältig studirt worden; auch ohne in das Eigenthümliche ihrer Organisation tiefer einzudringen, hatten die Systematiker die Arten und Gattungen, die Familien und selbst höheren Abtheilungen dieser Gruppen leidlich in Ordnung gebracht; schon lagen umfangreiche, systematisch geordnete Cataloge dieser Pflanzen vor, auch hatte man versucht, von den bei den Phanerogamen geltenden Gesichtspuncten aus sich über die morphologische Gliederung der Muscineen und Gefäßkryptogamen zu orientiren; für die ersteren lagen selbst schon aus dem vorigen Jahrhundert recht schätzenswerthe Arbeiten von Schmidel [1]) 1750 über die Lebermoose, ganz besonders aber von Hedwig über die Laubmoose 1782 vor, denen sich 1835 ausführliche

[1]) Casimir Christoph Schmidel geb. 1718, gest. 1792 war Professor der Medizin in Erlangen; er beschrieb zuerst die Sexualorgane verschiedener Lebermoose.

Untersuchungen Mirbel's über Marchantia und Bischoff's über die Marchantieen und Riccieen sowie auch W. B. Schimper's Untersuchungen über die Laubmoose 1850 und Lantzius Beninga's [1]) Beiträge zur Kenntniß des Baues der Mooskapsel 1847 anschlossen. Die Gefäßkryptogamen waren seit 1828 besonders durch Bischoff's [2]) Untersuchungen in ihrer Organisation und sogar zum Theil in ihrer Keimung näher bekannt geworden; dazu kam, daß Unger schon 1837 die Spermatozoiden in den Antheridien verschiedener Laubmoose beschrieben, Nägeli dieselben auch an einem Organ der Farnkräuter entdeckt hatte, welches man bis dahin für das Cotyledonarblatt dieser Pflanzen gehalten, an welchem 1848 Suminsky auch die weiblichen Geschlechtsorgane und das Einschlüpfen der Spermatozoiden in dieselben beschrieben. Schon einige Jahre vorher war die Keimungsgeschichte der Rhizocarpeen, an denen Schleiden seine verkehrte Befruchtungstheorie mit besonderer Klarheit glaubte bewiesen zu haben, von Nägeli, der auch hier die Spermatozoiden entdeckte, und von Mettenius ausführlich untersucht worden. So lagen merkwürdige Bruchstücke aus dem Leben und der Organisation dieser Pflanzen bis 1848 vor, Bruchstücke, die unverstanden und zusammenhangslos, wie sie waren, einstweilen nur geringen wissenschaftlichen Werth besaßen, abgesehen etwa von der Thatsache, daß bei den Kryptogamen die Befruchtung ähnlich wie bei den Thieren durch Spermatozoiden vermittelt wird. Eine vollkommen klare Einsicht in die embryolo-

---

[1]) Lantzius Beninga geb. in Ostfriesland 1815 gest. 1871 war Professor in Göttingen.

[2]) Gottlieb Wilhelm Bischoff geb. in Dürkheim an der Hardt 1797, gest. als Professor der Botanik zu Heidelberg 1854; er schrieb verschiedene Hand- und Lehrbücher, die obgleich sehr sorgfältig und fleißig bearbeitet, doch ganz im Geiste der vorschleidenschen Zeit gedacht, daher völlig veraltet sind; sehr werthvoll sind dagegen selbst jetzt noch seine sehr sorgfältigen Untersuchungen über Lebermoose, Charen und Gefäßkryptogamen, die er durch sehr schöne selbst gemachte Abbildungen erläuterte. Auch sein Wörterbuch der beschreib. Botanik ist durch zahlreiche Bilder noch jetzt von Werth.

gischen Verhältnisse, um die es sich hier handeln mußte, konnte außerdem nur dann gewonnen werden, wenn die Embryologie der Phanerogamen zunächst in's Reine gebracht war, denn durch Schleiden's mehrfach erwähnte Theorie, nach welcher der Pollenschlauch selbst in den Embryosack der Samenknospe eingedrungen zum Embryo auswachsen sollte, erschien die Samenknospe nicht mehr wie ein weibliches Geschlechtsorgan, sondern nur als eine Brutstätte für den im Grunde ungeschlechtlich entstandenen Embryo. Und diese wichtige Frage wurde entschieden durch **Wilhelm Hofmeister's** 1849 erschienenes Werk „die Entstehung des Embryos der Phanerogamen." Hier und in einer Reihe späterer Abhandlungen zeigte er, daß im Embryosack schon vor der Befruchtung das Keimkörperchen liegt, welches durch das Eintreffen des Pollenschlauches zur weiteren Entwicklung, zur Bildung des Embryos angeregt wird. Die Organisation der Samenknospe, die Natur des Embryosackes und des Pollenkorns, sowie die Entstehung des Embryos aus der befruchteten Eizelle hatte Hofmeister Schritt für Schritt, Zelle für Zelle verfolgt, die ganze Klarheit, welche Nägeli's Zellentheorie und seine Zurückführung aller Entwicklungsprocesse auf die Zellbildungsvorgänge selbst in die Entwicklungsgeschichte eingeführt hatte, durchleuchtete Hofmeister's Darstellung dieser Vorgänge. Dieselbe entwicklungsgeschichtliche Methode führte Hofmeister sofort auch in die Embryologie der Muscineen und Gefäßkryptogamen ein, an einer langen Reihe von Arten wurde die Entstehung der Geschlechtsorgane Zelle für Zelle verfolgt, die zu befruchtende Eizelle in ihrer Entstehung ebenso wie die Genesis der Spermatozoiden beobachtet, vor Allem aber die in der befruchteten Eizelle stattfindenden Zelltheilungen und ihre Beziehung zur weiteren Gliederung des sich ausbildenden geschlechtlichen Productes dargethan; der gesammte Entwicklungsverlauf der Muscineen und Gefäßkryptogamen zeigte ein zweimaliges Zurückgreifen auf die einzelne Zelle als Ausgangspunct je einer neuen Entwicklungsphase; das wahre gegenseitige Verhältniß, die entwicklungsgeschichtliche Bedeutung der ungeschlechtlich entstandenen Sporen

und ihrer Keimproducte einerseits, des geschlechtlich erzeugten Embryos andererseits traten in Hofmeister's Untersuchung ohne weitläufige Discussionen, welche die Genauigkeit der Methode überflüssig machte, sofort klar hervor. Mit diesen embryologischen Vorgängen zumal der Rhizocarpeen und Selaginellen, bei denen das Vorhandensein von zweierlei Sporen erst jetzt seine richtige Deutung fand, verglich Hofmeister die Embryologie der Coniferen und durch diese vermittelt auch die der Angiospermen.

Das Ergebniß dieser „vergleichenden Untersuchungen" 1851 (der Hauptsache nach schon 1849 publicirt) war ein so großartiges, wie es auf dem Gebiet der descriptiven Botanik nicht zum zweiten Male vorgekommen ist; das Verdienstliche zahlreicher werthvoller Einzelheiten, welche auf die verschiedensten Fragen der Zellentheorie und Morphologie neues Licht warfen, verschwand gegen den Glanz des großen Gesammtergebnisses, welches bei der Klarheit der Einzeldarstellung dem Leser dieses Werkes schon einleuchtete, noch bevor er die wenigen Worte am Schluß des Werkes las, die in schlichter Weise das Resultat zusammenfaßten. Dieses selbst in kurzen Worten in seiner ganzen Bedeutung für die Botanik zu charakterisiren, ist schwer; die Vorstellung von dem, was die Entwicklung einer Pflanze bedeute, war plötzlich eine andere, ganz neue geworden; die innere Verwandtschaft so außerordentlich verschiedener Organismen, wie der Lebermoose, Laubmoose, Farne, Equiseten, Rhizocarpeen, Selaginellen, Coniferen, Monocotylen und Dicotylen ließ sich mit einer Durchsichtigkeit der Verhältnisse überblicken, von der die bisherige Systematik nicht die entfernteste Vorstellung geben konnte. Der im Thierreich, wenn auch in ganz andern Formen damals neu entdeckte Generationswechsel, erwies sich als das oberste Entwicklungsgesetz, welches nach einem einfachen Schema die ganze lange Reihe dieser äußerst verschiedenen Pflanzen beherrscht. Am deutlichsten trat dieser Generationswechsel bei den Farnen und Muscineen hervor und doch zugleich in einem gewissen Gegensatz bei beiden; bei den Farnen und verwandten Kryptogamen entsteht aus der ungeschlechtlich erzeugten Spore ein kleines unscheinbares

Pflänzchen, welches sofort die Geschlechtsorgane bildet, aus deren Befruchtung der bewurzelte und blättertragende Stamm des Farnkrauts hervorgeht, das seinerseits nur wieder ungeschlechtliche Sporen erzeugt. Bei den Muscineen dagegen entwickelt sich aus der Spore eine gewöhnlich langlebige, vielfach gegliederte Pflanze, welche erst spät zur Bildung von Geschlechtsorganen schreitet, als deren Function die sogenannte Moosfrucht entsteht. Die erste aus der Spore entstandene Generation, die geschlechtliche, ist bei den Muscineen die vegetirende Pflanze, während bei den Farnen und Verwandten die ganze Fülle der Lebensthätigkeit, der morphologischen Differenzirung sich in der zweiten sexuell erzeugten Generation entfaltet. Hier lag Alles klar und sofort einleuchtend, aber Hofmeister's Untersuchungen zeigten auch, daß dasselbe Schema der Entwicklung auch bei den Rhizocarpeen und Selaginellen gilt, wo zweierlei Sporen entstehen und gerade in diesem Fall erwies sich die Erkenntniß des wahren Verhältnisses zwischen Sporenbildung und Sexualorganen als die die morphologische Deutung leitende. Mit der Kenntniß der Vorgänge an der weiblichen großen Spore der vollkommensten Kryptogamen ließ sich nun sofort die Samenbildung der Coniferen verstehen, der Embryosack derselben entsprach dieser großen Spore, in welcher das Prothallium nunmehr als das längst bekannte Endosperm sich darstellt, sowie das Pollenkorn die Mikrospore repräsentirte; in der Samenbildung der Phanerogamen zeigten sich die letzten Spuren des Generationswechsels, der bei den Muscineen und Farnen so klar zu Tage lag. Die Veränderungen, welche der Generationswechsel von den Muscineen aufwärts bis zu den Phanerogamen durchläuft, waren wo möglich noch überraschender, als der Generationswechsel selbst.

Vor dem Leser von Hofmeister's „vergleichenden Untersuchungen" entrollte sich ein Bild des verwandtschaftlichen genetischen Zusammenhanges der Kryptogamen und Phanerogamen, dessen Wahrnehmung mit dem damals herrschenden Glauben an die Constanz der Arten nicht mehr vereinbar war. Es handelte sich hier nicht um Aufstellung von Typen

sondern um die Erkenntniß eines entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhangs, der das Allerverschiedenste, die einfachsten Moose mit den Palmen, Coniferen und Laubhölzern eng verknüpft erscheinen ließ. Mit der Annahme, daß jede natürliche Gruppe des Pflanzenreichs eine „Idee" repräsentire, war hier nichts mehr zu machen, die Vorstellung von dem, was das natürliche System zu bedeuten habe, mußte sich gänzlich ändern; ebenso wenig, wie ein bloßes Fachwerk von Begriffen, konnte es als eine Gesammtheit platonischer Ideen gelten. Aber auch in methodologischer Hinsicht war das Resultat der „vergleichenden Untersuchungen" durchschlagend; für die Morphologie standen jetzt die Kryptogamen im Vordergrund; die Muscineen waren das Maaß, mit dem die niederen Kryptogamen, die Farne das Maaß, mit dem die Phanerogamen gemessen werden mußten. Die Embryologie war der Faden, der in das Labyrinth der vergleichenden und genetischen Morphologie führte; die Metamorphose gewann jetzt ihren einzig richtigen Sinn, indem sich jedes Organ auf seine Stammform, die Staub- und Fruchtblätter der Phanerogamen, z. B. auf die sporentragenden Blätter der Gefäßkryptogamen, zurückführen ließen. Was Häckel erst nach Darwin's Auftreten die phylogenetische Methode nannte, hatte Hofmeister in seinen vergleichenden Untersuchungen lange vorher thatsächlich und mit großartigstem Erfolge wirklich durchgeführt. Als acht Jahre nach Hofmeister's vergleichenden Untersuchungen Darwin's Descendenzlehre erschien, lagen die verwandtschaftlichen Beziehungen der großen Abtheilungen des Pflanzenreiches so offen, so tief begründet und so durchsichtig klar vor Augen, daß die Descendenztheorie eben nur anzuerkennen brauchte, was hier die genetische Morphologie thatsächlich zur Anschauung gebracht hatte.

Ein so großartiges Bild, wie es Hofmeister von dem genetischen Zusammenhang des Pflanzenreiches einstweilen noch mit Ausschluß der Thallophyten, entworfen hatte, konnte aber unmöglich in allen seinen einzelnen Zügen schon völlig vollendet und correct sein; noch waren manche Lücken auszufüllen, einzelne

Beobachtungen zu berichtigen; auch arbeitete Hofmeister selbst weiter: die so höchst merkwürdigen Gattungen, Isoetes, Botrychium, wurden in den nächsten Jahren von ihm, ebenso die Befruchtung und die Embryologie der Equiseten von ihm und Milde, die von Ophioglossum durch Mettenius genauer beobachtet und dem Plan des Ganzen eingefügt. Bis auf den heutigen Tag ist es noch immer eine fruchtbare Aufgabe, die verschiedenen Formen der Muscineen, Gefäßkryptogamen und Gymnospermen wiederholt genau zu untersuchen, um alle Einzelheiten im Entwicklungsgang dieser Pflanzen, die Entstehung des Embryos, die Zellenfolge am Scheitel, die erste Entstehung und das Wachsthum der seitlichen Organe festzustellen; und je genauer die Untersuchung wird, desto klarer tritt überall auch in ihren letzten Consequenzen die Richtigkeit der von Hofmeister geltend gemachten Auffassung des Generationswechsels hervor. Es ist jedoch nicht mehr Aufgabe unserer Geschichte, zu verfolgen, wie durch spätere ausgezeichnete Arbeiten z. B. Cramer's über die Equiseten, Pringsheim's über Salvinia 1862, Nägeli's und Leitgeb's über die Wurzelbildung der Kryptogamen, Hanstein's über die Keimung der Rhizocarpeen u. s. w. die Lehre vom Generationswechsel und die Morphologie der Kryptogamen im Einzelnen immer weiter ausgebaut wurde.

Thallophyten.

Das Zurückgehen der morphologischen Untersuchung auf die ersten Gestaltungsvorgänge des Embryos vor und nach der Befruchtung, die Verfolgung der fortschreitenden Gliederung und des Wachsthumes durch alle Entwicklungsstadien bis wieder zur Bildung des Embryos hat bei den Muscineen, Gefäßkryptogamen und Phanerogamen seit 1850 nicht nur zu einer großen Sicherheit in der morphologischen Deutung der Organe geführt, sondern auch das Willkürliche und Unsichere aus der Bestimmung der Verwandtschaften entfernt; man kannte jetzt den Weg genau, der jedesmal zum Ziele führen mußte, wenn es darauf ankam, die

verwandtschaftlichen Beziehungen einer Kryptogamengattung oder die der größeren Gruppen der Phanerogamen festzustellen; das geistreiche Herumrathen und Probiren war vorbei; nur geduldige Untersuchung konnte helfen, aber jede solche ergab auch ein Resultat von bleibendem Werth.

Ganz anders stand es um 1850 noch mit den Thallophyten; das bereits vorliegende Sichere, was man von ihnen wußte, zeigte nur, wie unsicher das Uebrige war; der methodisch geordneten Kenntniß der Muscineen und Gefäßpflanzen gegenüber boten die Algen, Pilze, Flechten eine chaotische Masse unverstandener Formen. War bei den Muscineen und Farnen die Entwicklungsfolge innerhalb der Species in ihre einzelnen Stufen so auseinandergelegt, daß alle Momente der fortschreitenden Gestaltung deutlich zur Geltung kamen, indem der Generationswechsel die Hauptabschnitte der Entwicklung zugleich scharf sonderte und doch zusammenhielt; so schien dagegen die Entwicklung der Algen und Pilze regellos in ein buntes Gewirr von auftauchenden und wieder verschwindenden Formen zu zerfallen, deren gesetzmäßigen genetischen Zusammenhang aufzufinden, kaum möglich schien. Hier kam es vor Allem darauf an, zu bestimmen, welche der bekannten Formen in einen und denselben Entwicklungskreis zusammengehörten; denn auf den verschiedensten Entwicklungsstufen gehen diese Pflanzen auf Absonderung einzelner Zellen zurück, aus denen die Entwicklung von Neuem wiederholend oder fortbildend beginnt. Entwicklungsanfänge der verschiedensten Algenspecies lagen in demselben Wassertropfen durcheinander, die der verschiedensten Pilze wuchsen zwischen und auf einander auf demselben Substrat; bei den Flechten vermengte sich gar Pilz und Algenform. So war es bei den kleinen, mikroskopischen Arten; die großen Meeresalgen, die Hutpilze und großen Flechten waren wohl leichter specifisch auseinander zu halten, aber von ihrer Entwicklung wußte man wo möglich noch weniger, als von der der mikroskopischen Thallophyten.

Trotz all' der Unsicherheit hatte sich bis 1850 eine sehr ausgedehnte Einzelkenntniß dieser Organismen ausgebildet.

Besonders die Sammler und Dilettanten, denen es nur auf die Fixirung des unmittelbar Sichtbaren ankommt, die nach Entstehung und Verwandtschaft wenig fragten, füllten unverdrossen ihre Sammlungen, machten Cataloge und stellten nach beliebigen äußeren Kennzeichen verschiedene Systeme auf. Nach Tausenden zählten die Namen der Species, deren Diagnosen dicke Bände deren Abbildungen große Atlanten füllten; der Formenreichthum der Thallophyten erwies sich so groß, daß zahlreiche Botaniker ihre ganze Thätigkeit ihnen allein zuwandten, manche sogar nur die Algen, andere nur die Pilze oder Flechten sammelten und beschrieben. — Eine tiefere Einsicht in den Zusammenhang dieser Lebensformen unter sich und etwa mit den übrigen Pflanzen, war damit freilich nicht gewonnen; es war jedoch für die Kryptogamenkunde in ähnlicher Weise eine empirische Basis geschaffen, wie durch die Kräuterbücher im 17. Jahrhundert für die Phanerogamen. Das Handgreifliche war benannt, irgendwie geordnet; man konnte sich gegenseitig darüber verständigen, wovon die Rede sei, wenn man die Namen oder die Tafeln und Figuren jener Werke citirte. In diesem Sinne waren besonders Agardh's, Harvey's, Kützing's Werke über die Algen [1]); Nees von Esenbeck's, Elias Fries, Léveillé's, Berkeley's, besonders aber Corda's [2]) ausgedehnte Bemühungen um die Pilze von hervorragendem Werth.

---

[1]) Karl Adolf Agardh (1785—1859) war bis 1835 Professor in Lund, dann Bischof von Wermland und Dalsland. — Jacob Georg Agardh geb. 1813, Professor in Lund. — William Henry Harvey (1811—1866) Professor der Botanik in Dublin. — Friedrich Traugott Kützing Professor an der Realschule zu Nordhausen geb. 1807.

[2]) „Das System der Pilze und Schwämme" wurde 1816 von C. G. Nees von Esenbeck und „das System der Pilze" 1837 von Th. F. L. Nees von Esenbeck und A. Henry bearbeitet. Der erstere (1776—1858) war lange Präsident der Leopoldina und Professor der Botanik in Breslau, einer der Hauptvertreter der Naturphilosophie. — Elias Fries geb. 1794, seit 1835 Professor der Botanik in Upsala. — Léveillé (1796 — 1870) Arzt in Paris. — August Joseph Corda geb. 1809 zu Reichenberg in Böhmen, seit 1835 Custos am Nationalmuseum in Prag; von einer 1848 angetretenen

Ueber die Entstehung und Fortpflanzung der niederen Kryptogamen hatte man noch in den zwanziger und dreißiger, selbst in den vierziger Jahren sehr unbestimmte und schwankende Ansichten.

Von einigen Algen, Pilzen und Flechten kannte man gewisse Vermehrungs- und Fortpflanzungsformen, bei anderen waren sie völlig unbekannt; manche von ihnen traten an Orten und unter Umständen auf, welche die Annahme der generatio spontanea unumgänglich erscheinen ließen; noch 1827 ließ Meyen die „Priestley'sche Materie" (kleine Algen, die in stehendem Wasser auch in verschlossenen Gefäßen sich entwickeln), durch freie Zeugung entstehen, was Kützing 1833 experimentell zu beweisen suchte; die Pilze hielt man zum Theil für krankhafte Auswüchse anderer Organismen, manche ließ man auch durch generatio spontanea entstehen, unbeschadet ihrer Fähigkeit, sich durch Sporen fortzupflanzen; für die einfachsten Pilze theilten diese Ansicht selbst die hervorragensten Botaniker bis zum Beginn der fünfziger Jahre. So wenig übrigens die Annahme der freien Zeugung von phanerogamischen Pflanzen noch im 17. Jahrhundert dem Fortschritt der methodischen Forschung hinderlich war, so wenig wurde die methodische Bearbeitung der Algen und Pilze nach 1850 durch diese Ansichten gestört; hinderlich war dagegen anfangs die von Hornschuch (1821) und von Kützing (1833) aufgestellte Ansicht, daß die einfachsten Algenzellen (Protococcus und Palmella), wenn einmal durch Urzeugung entstanden, je nach Umständen die verschiedensten Algenformen, ja sogar Flechten und Moose aus sich entwickeln können; ähnlich

Reise nach Texas ist Corda nicht mehr zurückgekehrt, wahrscheinlich durch Schiffbruch 1849 umgekommen. Ausführlicheres über diesen um die Pilzkunde sehr verdienten Mann berichtet Weitenweber in der Abh. der böhm. Gesch. der Wiss. V. 7. Prag 1852. Corda war der Erste, der das Mikroskop zur bildlichen und diagnostischen Fixirung aller ihm erreichbaren Pilzformen zumal der kleinen, consequent anwendete; seine Icones fungorum hucusque cognitorum 1837—1854 sind noch jetzt ein unentbehrliches Handbuch für Mycologen.

wie noch jetzt einzelne Beobachter das Penicillium und den Micrococcus als die Ausgangspuncte der verschiedensten Pilzentwicklungen in Anspruch nehmen. Auch die Grenzregulirung zwischen niederen Thieren und Pflanzen machte Schwierigkeit; man zerhieb aber den Knoten: was sich durch innere Kräfte von selbst bewegte, wurde dem Thierreich zugezählt, ganze Algenfamilien (die Volvocineen, Bacillariaceen u. a.) wurden so von den Zoologen reclamirt und als man die ersten Schwärmsporen einer echten Alge ausschlüpfen sah, wurde dies als die Thierwerdung der Pflanze bezeichnet. (Trentepohl, 1807. — Unger 1830 deuteten so das Ausschlüpfen der Zoospore von Vaucheria): das Merkwürdige ist nicht, daß man derartige Ansichten hegte, sondern daß sie sich bei den Meisten mit dem Glauben an die Constanz der Species ganz wohl vertrugen. Das Dogma von der Constanz leistete in diesem Falle aber der Wissenschaft einen guten Dienst, denn diejenigen Botaniker, welche später an die methodische Bearbeitung der Algen und Pilze gingen, thaten dies im Vertrauen auf die Constanz der specifischen Entwicklungsprocesse, die sich hier so gut wie bei den Moosen und höheren Pflanzen bewähren müsse.

Neben dem vielen Unbestimmten und Unsicheren, was gelegentliche Beobachtungen bei unkritischer Deutung des Gesehenen ergaben, enthielt aber die Literatur schon seit längerer Zeit vereinzelte wohlconstatirte Thatsachen von Belang, die wohl geeignet waren, ernsten Forschern als Ausgangspuncte genauer Untersuchungen zu dienen. Unter den Algen hatten besonders die Gattungen Spirogyra und Vaucheria merkwürdige Erscheinungen dargeboten; schon Joseph Gärtner kannte die Zygosporenbildung der ersteren (1788), Hedwig fand in der Art ihrer Entstehung wenigstens eine Andeutung der Sexualität (1798) und Vaucher[1]) nannte in seiner 1803 erschienenen, der Zeit weit vorausgeeilten histoire de conferves

[1]) Joh. Pet. Vaucher, der Lehrer und Freund P. de Candolle's, war Prediger und Professor in Genf.

d'eau douce die Conjugation ausdrücklich einen sexuellen Vorgang; seine optischen Mittel reichten aber noch nicht hin, die Befruchtung bei der nach ihm benannten Vaucheria (Ectosperma) zu beobachten, deren Sexualorgane er genau beschrieb, ebenso entging ihm die Bewegung der Zoosporen dieser Gattung, deren Ausschlüpfen und Schwärmen dann Trentepohl 1807 beobachtete [1]). Vaucher kannte auch schon die Bildung neuer Netze in den alten Zellen von Hydrodictyon, einen Vorgang, den Areschoug 1842 wieder aufnahm, indem er das Wimmeln der jungen Zellen in den alten sah. Schon 1828 sah Bischoff die Spermatozoiden der Charen ohne freilich ihre Bedeutung zu erkennen. Die Beobachtungen an conjugirenden Algen mehrten sich, zumal sah Ehrenberg 1834 an Closterium entsprechende Erscheinungen, die Morren 1836 näher beschrieb. In den dreißiger Jahren mehrten sich auch die Beobachtungen über Schwärmsporenbildung an Süßwasser- und Meeres-Algen und 1839 faßte Meyen (neues System III) alles bis dahin über die Fortpflanzung der Algen Bekannte übersichtlich zusammen. Ein ganz neues Ansehen gewann aber die Algenkunde durch Nägeli's bereits erwähnte Untersuchungen zwischen 1844 und 1849, die ersten die wir (nach Vaucher) als methodische Forschungen auf diesem Gebiet betrachten dürfen. Nägeli wandte sich vorwiegend an die Gesetze der Zelltheilungen bei der ungeschlechtlichen Vermehrung und dem Wachsthum, hielt aber unter den Algen nur die Florideen für sexuell differenzirt, denen er die anderen als der Sexualität entbehrend gegenüber stellte. Zahlreiche Beiträge zur Biologie der Süßwasseralgen, welche vielfach die interessantesten Einblicke in einen noch verborgenen Zusammenhang dieser Formen gewährten, lieferte Braun in seiner „Verjüngung“ (1850), der schon 1852 eine musterhafte Wachsthumsgeschichte der Characeen im Nägeli'schem Sinne folgte, wo für jede Zelle dieser Pflanzen die Art der Abstamm-

---

[1]) Trentepohl's betreffende Mittheilung findet sich in den botan. Bemerkungen und Berichtigungen von A. W. Roth, Leipzig 1807.

ung von der Scheitelzelle des Stammes nachgewiesen, die Sexualorgane zumal sehr genau untersucht, die Strömungsrichtung des Zellinhalts in ihrer Beziehung zur morphologischen Gliederung der Organe nachgewiesen wurde. Schon vorher hatte Gustav Thuret die Zoosporen der Algen zum Gegenstand ausführlicher Untersuchungen gemacht.

So lagen die Sachen bezüglich der **Algen** um 1850, als durch Hofmeister die Embryobildung der Phanerogamen, Gefäßcryptogamen und Muscineen in den Mittelpunct der morphologisch-systematischen Forschung gestellt wurde. Hier zeigte sich, daß eine vollständige Einsicht in den ganzen Formenkreis einer Pflanze und in ihre verwandtschaftlichen Beziehungen nur dann zu gewinnen ist, wenn es gelingt, ihre sexuelle Fortpflanzung, die erste Entstehung des Embryos zum Ausgangspunct der Forschung zu machen. Es lag nahe, dasselbe günstige Resultat auch von der Embryologie der Algen zu erwarten; es kam also darauf an, sich fortan nicht mehr mit der Kenntniß der ungeschlechtlichen Vermehrungen derselben zu begnügen, sondern die sexuelle Fortpflanzung aufzusuchen und mit Hilfe derselben vollständige Entwicklungsgeschichten der Algenspecies herzustellen. Daß die sexuelle Fortpflanzung auch hier wahrscheinlich allgemein verbreitet sei, darauf deuteten jene älteren Beobachtungen hin; daß es sich aber bei der Herstellung zusammenhängender Entwicklungsgeschichten um eine sehr mühevolle Arbeit handeln würde, eine Arbeit von der die Sammler, die sich gerne Systematiker nannten, keine Ahnung hatten, war leicht vorauszusehen; man war aber durch die Arbeiten Nägeli's und Hofmeister's an die höchsten Forderungen in dieser Richtung bereits gewöhnt und die Männer, die auch hier der methodischen echten Wissenschaft neuen Boden gewinnen sollten, waren um 1850 bereits an der Arbeit. Ein glänzendes Ergebniß wurde schon 1853 durch Thuret's Befruchtungsgeschichte der Gattung Fucus erzielt; sie war zwar in ihrer embryologischen Seite sehr einfach, aber der Sexualact selbst so klar, der experimentellen Behandlung sogar zugänglich, daß dadurch sofort Licht auf andere schwieriger zu beobachtende

Fälle fiel. Nun folgten die Entdeckungen sexueller Vorgänge Schlag auf Schlag; Pringsheim löste das alte Räthsel bei Vaucheria 1855, schon 1856 — 1858 bei den Oedogonieen Saprolegnieen, Coleochaeten; Cohn beobachtete 1855 die sexuelle Sporenbildung der Sphaeroplea. Pringsheim ließ es aber nicht bei der sorgfältigsten Beobachtung des Sexualactes bewenden; vielmehr gab er von den betreffenden Familien ausführliche, Zelle für Zelle fortschreitende Wachsthumsgeschichten, der Entstehung der Geschlechtsorgane, der Entwicklung des geschlechtlichen Products. Die in die Vegetation und in die Embryologie eingreifenden ungeschlechtlichen Fortpflanzungen wurden in ihrem wahren Zusammenhang nachgewiesen. Vorgänge, welche vielfach an den Generationswechsel der Muscineen erinnerten, wurden erkannt und dabei gezeigt, daß unter den Algen ganz verschiedene Formen der Sexualität und der Gesammtentwicklung vorkommen, welche zur Bildung systematischer Gruppen führten, die gänzlich von den auf oberflächliche Beobachtung der Sammler gegründeten abwichen. Es zeigte sich bald, daß hier, wie später auch bei den Pilzen und Flechten, die eigentliche Forschung ganz neuen Grund legen mußte. Aus dem Durcheinander unverstandener Formen zog Pringsheim eine Reihe von characteristischen Gruppen hervor, die allseitig beleuchtet, meisterhaft in Wort und Bild dargestellt, sich wie Inseln aus dem Chaos der noch unerforschten Formen erhoben, aber auch auf ihre Umgebung vielfach Licht warfen. Noch vor 1860 wurden auch die Conjugaten in dieser Weise von de Bary gründlich morphologisch bearbeitet (1858); Bruchstücke algologischer Entwicklungsgeschichten lieferte ferner Thuret und noch bevor die sechziger Jahre schlossen, wurde von Thuret und Bornet die merkwürdige Embryologie der Florideen 1867, von Pringsheim die Paarung der Schwärmsporen 1869 bei Volvocineen festgestellt. Die Algen bieten gegenwärtig eine Mannigfaltigkeit der Entwicklungsvorgänge wie keine andere Pflanzenklasse: sexuelle, ungeschlechtliche Fortpflanzung und Wachsthum greifen da in einer Weise ineinander, welche ganz neue Einblicke in das Wesen der Pflanzenwelt eröffnen.

War schon durch Hofmeister's Nachweis des Generationswechsels und die Zurückführung der Samenbildung der Phanerogamen auf diesen das alte Schema von der Natur der Pflanzen gänzlich verändert worden, so zeigten die ersten Anfänge des Pflanzenlebens, die einfachsten Algenformen, Erscheinungen, die uns nöthigen, die Grundbegriffe der Morphologie zu revidiren, wenn überhaupt eine methodische Darstellung des ganzen Pflanzenreichs möglich sein soll.

Zu ähnlichen, aber noch umfassenderen Ergebnissen führte die methodische Untersuchung der Pilze seit 1850. Seit den ältesten Zeiten waren die Pilze der Gegenstand der Verwunderung und des Aberglaubens gewesen; was Hieronymus Bock von ihnen sagte, wurde im ersten Capitel p. 31 mitgetheilt und nicht nur Caspar Bauhin wiederholte das, sondern ähnliche Ansichten erhielten sich bis tief in unser Jahrhundert herein; um die Mitte des vorigen Jahrhunderts glaubte Otto von Münchhausen sogar in den Schwämmen Polypenwohnungen sehen zu müssen, eine Ansicht, die Linné beifällig aufnahm. Was die Naturphilosophen wie z. B. Nees von Esenbeck über die Natur der Schwämme zu sagen hatten, soll dagegen hier nicht reproducirt werden.

Indessen hatten sich doch auch auf diesem Gebiet schon längst einzelne brauchbare Beobachtungen angesammelt; schon 1729 hatte Micheli[1]) die Sporen zahlreicher Pilze gesammelt, sie ausgesäet und nicht nur Mycelien, sondern auch Fruchtkörper gewonnen und Gleditsch hatte 1753 diese Beobachtungen bestätigt; Jacob Christian Schaeffer[2]) hatte schon 1762 sämmtliche in Bayern und der Pfalz wachsende Schwämme sehr gut abgebildet und bei vielen auch die Sporen nicht verabsäumt; trotzdem

[1]) Pier' Antonio Micheli (geb. zu Florenz 1679 Director des bot. Gartens daselbst, gestorb. 1737) und Joh. Jac. Dillenius (geb. in Darmstadt 1687, Professor der Botanik in Oxford, gest. 1747) waren die Ersten, welche den niederen Kryptogamen, zumal auch den Moosen wissenschaftliche Bearbeitung widmeten und die Sexualorgane derselben nachzuweisen suchten.

[2]) Jacob Christian Schaeffer, geb. 1718, gest. 1790, war Superintendant in Regensburg.

konnten am Anfang unsereres Jahrhunderts Rudolphi und Link die Keimung der Pilzsporen leugnen, während sich Persoon 1818 damit begnügte einige Pilze aus Sporen, andere durch Urzeugung entstehen zu lassen. Seit 1820 trat eine entschiedene Besserung der Ansichten über die Pilze ein, wozu eine ausführliche Arbeit Ehrenberg's (de mycetogenesi in der Leopoldina 1820) wesentlich beitrug. Indem er dort nicht nur alles bis dahin bekannte über Natur und Fortpflanzung der Pilze zusammenstellte, sondern auch eigene Beobachtungen über die Sporen und ihre Keimung machte, den Verlauf der Hyphen in großen Fruchtkörpern u. dgl. abbildete, vor Allem aber den ersten Fall von Sexualität bei einem Schimmelpilz, die Conjugation der Zweige von Syzygites beschrieb. In demselben Jahr säte Nees von Esenbeck Mucor stolonifer auf Brod aus und erhielt nach 3 Tagen bereits reife Sporangien (Flora 1820 p. 528); Dutrochet zeigte 1834 (mém. II. p. 173), daß die größeren Schwämme nur die Fruchtträger einer fadenförmigen verzweigten Pflanze sind, die gewöhnlich unter der Erde oder in den Zwischenräumen organischer Substrate sich verbreitet und bis dahin unter dem Namen Byssus als eigene Pilzgattung behandelt worden war. Bald darauf führte Trog (Flora 1837 p. 609) diese Wahrnehmungen weiter aus, unterschied Mycelium und Fruchtkörper, wies darauf hin, daß jenes häufig perennirt und daß es dieses ist, was sich zunächst aus der keimenden Sporn bildet. Er machte einen Versuch, die Formen der größeren Fruchtkörper morphologisch zu behandeln und zeigte, wie man die Sporen von abgeschnittenen Hutpilzen auf Papier sammeln könne und daß bei Pezizen, Helvellen die Sporen in Form von Wölkchen ausgeschleudert werden, auch brachte er neue Beweise für die schon von Gleditsch aufgestellte Behauptung bei, daß Pilzsporen durch die Luft überallhin verbreitet werden können. Ueber das Wachsthum und die Lebensweise verschiedener größerer Pilze veröffentlichte zwischen 1842 und 45 Schmitz in der Linnaea vortreffliche Beobachtungen. Es war damals auch nicht ohne Werth hervorzuheben, daß die Sporen der Pilze ihre Species genau reproduciren.

Der Schwerpunkt der ganzen Mykologie lag indessen in den niederen, einfachen kleinen Pilzen, ganz besonders in denen, welche auf und in Pflanzen und Thieren parasitisch leben. Hier häuften sich die Schwierigkeiten, hier lagen die dunkelsten Räthsel, mit denen es jemals die Botanik zu thun hatte, hier galt es mit der äußersten Umsicht und Vorsicht der Wissenschaft Schritt für Schritt ein neues Terrain zu gewinnen. Wie bei den Algen handelte es sich auch hier zunächst darum, wenigstens bei einer kleineren Anzahl von Arten die vollständige Entwicklungsgeschichte kennen zu lernen; aber noch viel schwieriger als dort war es hier, das in Einen Entwicklungskreis Zusammengehörige aufzufinden und von den zerstreuten Entwicklungszuständen anderer Pilze abzusondern. Das Verdienst, in dieser Richtung die Bahn gebrochen zu haben, gebührt den Gebrüdern Tulasne, welche schon vor 1850 die ersten genaueren Untersuchungen über die Brand- und Rostpilze veröffentlichten, denen dann eine lange Reihe ausgezeichneter Arbeiten über die verschiedensten Pilzformen folgten, so vor Allem über die unterirdischen Pilze, deren Lebensweise und Anatomie beschrieben und prachtvoll abgebildet wurde; theoretisch wichtiger aber waren ihre Arbeiten über die Entwicklungsgeschichte des Mutterkorns 1853 und ihre weiteren Untersuchungen über Sporenbildung und Keimung von Cystopus, Puccinia, Tilletia und Ustilago und die Entdeckung der Sexualorgane bei Peronospora schon vor 1861. Von größter Bedeutung für die Reformation der Mykologie war die in drei Bänden von 1861—1865 erschienene, mit prachtvollen z. Th. entwicklungsgeschichtlichen Abbildungen versehene Selecta fungorum carpologia. Unterdessen hatte auch schon Cessati Untersuchungen über den Muscardinenpilz der Seidenraupen 1852, und Cohn über einen merkwürdigen Schimmelpilz, den Pilobulus publicirt.

Ihre heutige Form aber verdankt die Mykologie ganz vorwiegend den mehr als zwanzigjährigen Bemühungen **Anton de Bary's** dessen mykologische Schriften hier aufzuzählen zu weit führen würde. Mit richtigem Verständniß dessen, was auf diesem schwierigen

Gebiet allein zu sicheren Ergebnissen führen kann, ließ es sich De Bary angelegen sein, vor Allem die Beobachtungsmethoden selbst auszubilden, die Entwicklungsstufen der niederen Pilze nicht bloß an ihren natürlichen Standorten aufzusuchen, sondern dieselben mit allen Vorsichtsmaßregeln selbst zu kultiviren und so vollständig geschlossene Entwicklungsreihen herzustellen. Auf diese Weise gelang es ihm, das Eindringen parasitischer Pilze in das Innere gesunder Pflanzen und Thiere mit aller Evidenz festzustellen, zu zeigen, wie auf diese Weise das merkwürdige Räthsel sich löst, daß Pilze in anscheinend ganz unverletzten Geweben anderer Organismen leben, was früher zu der Annahme geführt hatte, daß solche Pilze durch Urzeugung oder aus dem lebendigen Zellinhalt ihrer Wirthe entstehen. Für einen ungemein einfachen Wasserpilz (Pythium) hatte schon Pringsheim 1858 diese Vorgänge beobachtet. De Bary zeigte, wie der eingedrungene Parasit nun innerhalb seiner Nährpflanze oder des befallenen Thieres weiter vegetirt, um dann seine Fortpflanzungsorgane wieder an die freie Luft zu bringen, und wie nun zu gegebener Zeit der von dem Pilz befallene Organismus erkrankt oder getödtet wird. Die biologische Seite dieser Untersuchungen bot nicht nur ein hohes wissenschaftliches Interesse, vielmehr wurde auf diese Weise für die Land- und Forstwirthschaft, ja selbst für die Medicin eine Reihe der werthvollsten Ergebnisse erzielt.

Wie bei den Algen und in noch höherem Grade als bei diesen zeigte sich auch bei den Pilzen als die Hauptschwierigkeit bei der Aufstellung vollständiger Entwicklungsgeschichten das vielfältige Eingreifen der ungeschlechtlichen Vermehrungsweisen in den Entwicklungsgang der Species, ja sogar die Eigenthümlichkeit, daß die verschiedenen Entwicklungsstufen in manchen Fällen auf verschiedenen Substraten allein sich ausbilden können. Eine der wichtigsten Aufgaben war aber auch hier die Aufsuchung der Sexualorgane, deren Existenz aus verschiedenen Analogieen nicht unwahrscheinlich war und nachdem De Bary schon 1861 bei den Peronosporeen die Sexualorgane vielfach beobachtet hatte, gelang es ihm 1863 zuerst den Nachweis zu liefern, daß

der ganze Fruchtkörper eines Ascomyceten selbst das Product eines Sexualactes ist, welcher an den Fäden des Myceliums stattfindet.

Auf De Bary's Beobachtungsmethoden und seinen thatsächlichen Ergebnissen fußend ist nun seit ungefähr 1860 die mykologische Literatur auch von anderen nach den verschiedensten Richtungen hin bereichert worden; wie bei den Algen läßt sich auch hier noch nicht absehen, zu welchen Resultaten schließlich die Untersuchungen führen werden; daß es aber gelungen ist, auch diesen dornigen, ja gefahrvollen Weg, auf welchem überall Irrthümer auf den Forscher eindringen, zu ebnen und den strengsten Anforderungen der Wissenschaft auch hier zu genügen, ist eines der schönsten Resultate der streng inductiven Methode. Für die Morphologie und Systematik sind schon jetzt bedeutende Erfolge errungen, unter denen die Feststellung der Natur der großen Fruchtkörper und gewisser dem Generationswechsel höherer Kryptogamen ähnlichen Vorgänge vor Allem hervorzuheben sind. Als eines der bedeutendsten Ergebnisse der algologischen und mykologischen Forschung aber darf schon jetzt das genannt werden, daß die beiden bisher streng geschiedenen Klassen der Algen und Pilze offenbar mit einander vereinigt werden müssen und daß eine ganz neue Classification aufzustellen ist, in welcher Algen und Pilze als bloße Habitusformen in verschiedenen morphologisch begründeten Abtheilungen wiederkehren[1]).

Noch wäre hier ein Wort über die Flechten zu sagen; sie sind die Abtheilung der Thallophyten, welche zuletzt und erst in neuester Zeit in ihrer wahren Natur erkannt wurden; bis tief in die fünfziger Jahre hinein kannte man von ihrer Organisation nicht viel mehr, als was Wallroth 1825 festgestellt hatte[2]); daß nämlich zwischen dem pilzähnlichen Hyphengewebe des Thallus grüne Zellen eingestreut sind, die man als Gonidien bezeichnete.

---

[1]) Vergl. Sachs, Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl. 1874 p. 245.

[2]) Fr. Wilh. Wallroth, geb. 1792 am Harz, starb als Kreisphysikus zu Nordhausen 1857 (Flora 1857 p. 336).

Man kannte seit Mohl's Untersuchungen von 1833 die freie Sporenbildung in den Schläuchen der Flechtenfrüchte (Apothecien) und wußte, daß pulverförmige Aussonderungen des Thallus aus einem Gemenge von Gonidien und Hyphen bestehend im Stande sind, die Species fortzupflanzen. Das genetische Verhältniß der chlorophyllhaltigen Gonidien zu den pilzähnlichen Hyphen blieb lange völlig unklar, bis es endlich in neuester Zeit seit 1868 gelang, die Gonidien als ächte Algen, den Hyphenkörper als einen ächten Pilz nachzuweisen und zu zeigen, daß auch die Flechten nicht mehr eine neben Pilzen und Algen bestehende Pflanzenklasse darstellen, sondern als eine Abtheilung der Schlauchpilze zu betrachten sind, welche die Merkwürdigkeit darbieten, daß sie ihre Nährpflanzen, nämlich die als Gonidien fungirenden Algen, ganz umspinnen und in ihr Gewebe aufnehmen. Nach vorläufigen Andeutungen De Bary's war es Schwendener, der dieses Verhalten erkannte und die unerwartete, den Lichenologen aber unerfreuliche Thatsache aussprach. Der Widerspruch der Letzteren wird sich voraussichtlich unter der Wucht der Thatsachen, die schon jetzt dem Unbefangenen gar keinen Zweifel lassen, legen.

So haben denn die Arbeiten auf dem Gebiet der Thallophyten in den letzten zwanzig Jahren zu einer vollständigen Umgestaltung der früheren Ansichten über das Wesen dieser Organismen geführt und die Botanik mit einer Reihe der überraschendsten Resultate bereichert. Doch noch lange nicht abgeschlossen ist die Bewegung auf diesem Gebiet. Als eines der Hauptergebnisse für die Wissenschaft ist aber das zu betrachten, daß durch die Untersuchung der niederen und höheren Kryptogamen die Morphologie und Systematik von zahlreichen älteren Vorurtheilen sich befreit hat, daß der Blick ein freierer geworden ist, die Untersuchungsmethoden sicherer, die Fragestellung schärfer.

Zweites Buch.

Geschichte der Pflanzen-Anatomie.

(1671—1860.)

Einleitung.

Daß die Körpersubstanz der vollkommeneren Pflanzen aus Schichten von verschiedener Beschaffenheit besteht, konnte auch der primitivsten Betrachtung der Pflanzen seit den ältesten Zeiten nicht entgehen; schon die alten Sprachen hatten ja Worte zur Bezeichnung der augenfälligsten anatomischen Bestandtheile der Pflanzen, wie Rinde, Holz und Mark. Auch war leicht wahrzunehmen, daß das Mark aus einer anscheinend homogenen saftigen Masse besteht, das Holz dagegen aus faseriger Substanz, während die Rinde der Holzpflanzen zum Theil häutige Schichten, zum Theil fasrige und markähnliche Beschaffenheit zeigt; die Gewinnung der Gespinstfasern z. B. des Flachses aus der Rinde gab schon im grauesten Alterthum eine, wenn auch vage Vorstellung davon, wie durch Fäulniß und mechanische Behandlung die fasrigen von den markigen Theilen der Rinde sich sondern lassen. Auch verfehlten Aristoteles und Theophrast nicht, diese Bestandtheile der Pflanzensubstanz mit entsprechenden des thierischen Körpers in Parallele zu stellen und im ersten Buch wurde bereits gezeigt, wie Caesalpin im Sinne dieser seiner Lehrer das Mark als den eigentlich lebendigen Theil der Pflanze, als den Sitz der Pflanzenseele in Anspruch nahm und diesen Gedanken morphologisch und physiologisch weiter verwerthete; er bemerkte, daß der Wurzel gewöhnlich das Mark fehlt, daß der

Theil der Wurzel, welcher dem Holz des Stammes entspricht, häufig weich und fleischig erscheint; die Zusammensetzung der Laubblätter aus grüner, saftiger Substanz und faserigen Strängen ließ sofort eine gewisse Aehnlichkeit mit der grünen Rinde des Stengels hervortreten, und diese war es offenbar, die ihn veranlaßte, nicht bloß die Laubblätter, sondern auch die Blattgebilde der Blüthenhülle als aus der Rinde des Stengels entsprungen zu betrachten, wogegen die weiche, saftige, pulpöse Beschaffenheit der unreifen Samen und Samengehäuse auf ihre Identität mit dem Mark hinzuweisen schien. Daß in den Pflanzen Säfte nicht nur enthalten sind, sondern in ihnen auch sich bewegen müssen, konnte auch der einfachsten Ueberlegung nicht entgehen und zudem zeigte das Bluten des Rebstockes, der Balsamausfluß der Harzbäume und das Hervorquellen des Milchsaftes bei der Verwundung derartiger Pflanzen eine so auffallende Aehnlichkeit mit dem Bluten eines verwundeten Thierkörpers, daß die Annahme von Canälen innerhalb der Pflanze, welche gleich den Blutadern der Thiere jene Säfte enthalten und in Bewegung setzen, ganz natürlich erschien, wie uns Caesalpin's Reflexionen über diese Strukturverhältnisse zur Genüge zeigen. Nehmen wir noch hinzu daß man wußte, wie die Samen in den Früchten liegen, wie der Embryo nebst einer pulpösen Masse (Cotyledonen und Endosperm) in der Samenschale eingeschlossen ist, so haben wir ungefähr das gesammte Inventar der phytotomischen Kenntnisse bis um die Mitte des 17. Jahrhunderts.

Bei sorgfältiger Präparation, durch geschicktes Zerschneiden geeigneter Pflanzentheile und aufmerksame Betrachtung der Veränderungen, welche durch Verwesung und Fäulniß entstehen, hätte man aber schon früher die anatomischen Kenntnisse beträchtlich weiter fördern können; allein das Sehen ist eine Kunst, die gelernt und ausgebildet sein will, ein bestimmter Zweck muß den Willen des Beobachters anregen, genau sehen zu *wollen* und das Gesehene richtig zu unterscheiden und zu verbinden. Diese Kunst des Sehens aber war bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts noch nicht weit gediehen; was man in dieser Richtung leisten konnte, erschöpfte sich in der Unter-

scheidung der äußeren Organe der Blatt- und Stengelformen und wie mißlich es trotzdem noch um die Unterscheidung der kleineren Blüthen- und Fruchttheile aussah, wurde bereits im ersten Buch hervorgehoben.

Durch die Erfindung des Mikroskops wurde das Auge nicht bloß befähigt, kleine Dinge groß, das unsichtbar Kleine überhaupt zu sehen; vielmehr war mit dem Gebrauch der Vergrößerungsgläser noch ein ganz anderer Vortheil verbunden; man lernte überhaupt erst wissenschaftlich und genau sehen; indem man das Auge mit einem Vergrößerungsglas bewaffnete, concentrirte sich die Aufmerksamkeit auf bestimmte Puncte des Objectes; das Gesehene war zum Theil undeutlich und immer nur ein kleiner Theil des ganzen Objects; der Wahrnehmung des Sehnerven mußte sich ein absichtliches und intensives Nachdenken beigesellen, um das mit dem Vergrößerungsglas stückweise beobachtete Object auch dem geistigen Auge in seinem innern Zusammenhange klar zu machen; so wurde erst durch die Bewaffnung mit dem Mikroskop das Auge sebst zu einem wissenschaftlichen Instrument, welches nicht mehr mit leichtsinniger Bewegung über die Objecte hineilt, sondern von dem Verstand des Beobachters in strenge Zucht genommen und zu methodischer Arbeit angehalten wurde. Schon der Philosoph Christian Wolff machte (1721) die sehr richtige Bemerkung, daß man das, was man einmal mit dem Mikroskop gesehen hat, dann auch häufig mit dem unbewaffneten Auge unterscheiden könne und diese von jedem Mikroskopiker gemachte Erfahrung beweist hinlänglich die gewissermaßen erziehende und dressirende Wirkung, welche das Mikroskop auf das Auge ausübt. Diese merkwürdige Thatsache tritt auch in anderer Weise noch hervor; wir sahen in der Geschichte der Systematik und Morphologie, daß die Botaniker über hundert Jahre lang die ganz offen daliegenden äußeren Formverhältnisse der Pflanzen kaum wissenschaftlich zu beherrschen, von allgemeineren Gesichtspuncten aus zu betrachten suchten; erst Jungius wandte ein geregeltes Nachdenken auf die dem Auge ganz offen daliegenden morphologischen Verhältnisse der Pflanzen und erst spät in unserem

Jahrhundert wurde dieser Theil der Botanik wieder wissenschaftlich methodisch behandelt. Dieser äußerst langsame Fortschritt in der geistigen Beherrschung der äußeren Pflanzenform bei fortwährender Beschäftigung mit derselben scheint vorwiegend dadurch erklärlich, daß das unbewaffnete Auge allzu unruhig über die Form der Objecte hingleitet, die Aufmerksamkeit des Beobachters durch seine flüchtigen Bewegungen stört. Ganz im Gegensatz zu der so gewöhnlichen Gedankenlosigkeit bei der Betrachtung der äußeren Form der Pflanzen finden wir schon bei den ersten Beobachtern mit dem Mikroskop, bei Robert Hooke, Malpighi, Grew und Leeuwenhoek im letzten Drittel des 17. Jahrhunderts das Streben, durch angestrengtes Nachdenken die mit bewaffnetem Auge gesehenen Bilder mit dem Verstand zu bearbeiten, sich über die wahre Natur der mikroskopischen Objecte klar zu werden, theoretisch in das innere Wesen einzudringen. Vergleicht man die Werke der genannten Männer mit dem, was die systematischen Botaniker desselben Zeitraums über die äußeren Gestaltverhältnisse der Pflanzen zu sagen wußten, so kann Niemandem entgehen, wie sehr der geistige Gehalt der ersteren dem der letzteren überlegen ist; am auffallendsten aber tritt dieß hervor, wenn wir das, was Malpighi und Grew über den Bau der Blüthe und Frucht sagten, vergleichen mit dem, was Tournefort, Rivinus und Linné davon wußten.

Diese Steigerung auch der geistigen Fähigkeiten des Beobachters durch das Mikroskop wird jedoch nur durch lange Uebung gewonnen; auch das beste Mikroskop bleibt in den Händen eines Ungeübten ein sehr bald langweilig werdendes Spielzeug. Ein großer Irrthum wäre auch zu glauben, daß der Fortschritt der Pflanzenanatomie einfach von der fortschreitenden Vervollkommnung der Mikroskope abhängig gewesen sei; unzweifelhaft ist es allerdings, daß mit zunehmender Stärke der Vergrößerung, Helligkeit und Schönheit des Gesichtsfeldes auch die Wahrnehmung der anatomischen Objecte sich klären mußte; damit allein wäre indessen wenig gewonnen. Wie bei jeder Wissenschaft kommt es auch bei der Untersuchung der Struktur der Pflanzen zunächst darauf

an, die sinnliche Wahrnehmung mit dem Verstand zu bearbeiten, das Wichtige vom Unwichtigen zu unterscheiden, in die einzelnen Wahrnehmungen logischen Zusammenhang zu bringen, bei der Untersuchung ein Ziel zu verfolgen; dieses Ziel aber kann in letzter Instanz für den Phytotomen kein anderes sein als das, die ganze innere Struktur der Pflanze in ihrem gesammten Zusammenhang so klar zu erfassen, daß dieselbe mit allen Einzelheiten von der Phantasie mit völliger sinnlicher Deutlichkeit jederzeit reproducirt werden kann. Dieß zu erreichen, ist nicht leicht, weil das Mikroskop, je stärker es vergrößert, nur desto kleinere Theile des Ganzen zeigt; geschickte und überlegte Präparation, sorgfältige Combination der verschiedenen Bilder und lange Uebung sind nöthig, um jenes Ziel zu erreichen. Die Geschichte der Phytotomie zeigt, wie schwer es den Beobachtern gefallen ist, das zerstückelt Gesehene nach und nach zu klarer zusammenhängender Vorstellung zu gestalten.

Die fortschreitende Verbesserung der Mikroskope also genügte keineswegs allein, um die Phytotomie fortschreiten zu lassen; ja man geht sogar nicht zu weit, wenn man behauptet, daß die Fortschritte, welche die mikroskopische Anatomie mit Hülfe unvollkommener Mikroskope nach und nach machte, wiederholt den Impuls zu energischen Anstrengungen für die Verbesserung der Mikroskope gegeben haben; die praktischen Mikroskopiker allein konnten beurtheilen, wo die wahren Mängel der vorhandenen Mikroskope lagen, ihre Bestrebungen, sie handlicher zu machen, ihre beständigen Klagen über die geringe Leistungsfähigkeit des optischen Theils, Klagen, die zumal am Ende des vorigen und am Anfang dieses Jahrhunderts laut wurden, waren es, welche die Optiker drängten, dem Mikroskop ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden und ihm eine immer größere Vollkommenheit zu geben. Aber nicht nur das, die praktischen Mikroskopiker selbst waren es, welche wiederholt wesentliche Verbesserungen an dem Instrument ausführten; so gab zuerst Robert Hooke 1760 dem zusammengesetzten Mikroskop eine für wissenschaftliche Beobachtung brauchbare Form, so war es Leeuwenhoek, der das einfache Mikroskop

bis auf das Maximum seiner Leistungsfähigkeit brachte, so vor Allem war es Amici, dem das heutige Mikroskop seine Vollkommenheit ganz wesentlich mitverdankt, und nicht unerwähnt darf hier Mohl bleiben, der die mikroskopische Messung durch zweckmäßige Einrichtung förderte und durch ein Buch über die praktische Einrichtung des Mikroskops den Optikern vielfach Winke gab, auf welche Puncte sie ihre Aufmerksamkeit zu lenken hätten, (Mikrographie 1846), während Nägeli und Schwendener später um die Theorie des mikroskopischen Sehens sich Verdienste erwarben.

Nach dem Gesagten werden also die wichtigsten Momente in der Geschichte der Pflanzenanatomie nicht ohne Weiteres und ganz passiv von der Geschichte des Mikroskops abhängen; vielmehr werden dieselben auch hier durch eine innere logische Nothwendigkeit bestimmt: es sind auch hier die Ziele ins Auge zu fassen, welche sich die fortschreitende Forschung stellte. Ueberblicken wir in diesem Sinne die Geschichte unserer Disciplin, so zeigt sich, daß die Begründer derselben im letzten Drittel des 17. Jahrhunderts, Malpighi und Grew, vorwiegend darüber in's Reine zu kommen suchten, in welcher Weise die zelligen und faserigen Strukturelemente sich verbinden; es wurden zwei Grundformen des Gewebes von vornherein angenommen: das aus Kammern oder Schläuchen bestehende saftige Zellengewebe im Gegensatz zu den langgezogenen, im Allgemeinen faserförmigen oder röhrenförmigen Elementarorganen, deren Unterscheidung in unbegrenzte offene Röhren oder Gefäße und in blind endigende Fasern vielfach zweifelhaft blieb. Das Charakteristische dieser Periode liegt auch darin, daß die Untersuchung der feineren Struktur sich überall mit Reflexionen über die Funktion der Elementarorgane innig verwebt, daß also Anatomie und Physiologie einander stützen, aber auch bei der Unvollkommenheit beider einander Schaden zufügen. Im Grunde überwog bei den ersten Phytotomen bei Weitem das physiologische Interesse, dem die anatomische Untersuchung dienstbar gemacht wurde.

Allein die Unvollkommenheit der Mikroskope während des

ganzen 18. Jahrhunderts brachte eine Art Abneigung gegen die anatomische Beschäftigung hervor, die man ohnehin nur als Hilfsmittel der Physiologie gelten ließ; diese letztere aber hatte auch ohne diese Hilfe durch Hales, später gegen den Schluß des 18. Jahrhunderts, durch Ingen-Houß und Senebier die wichtigsten Fortschritte gemacht und so erlosch das Interesse für die Phytotomie fast ganz. Das ganze 18. Jahrhundert hat dem, was Malpighi und Grew geleistet, nicht nur Nichts beigefügt, sondern sogar das Verständniß für das bereits Geleistete theilweise abhanden kommen lassen.

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts kam das Mikroskop indessen wieder mehr zu Ehren; das zusammengesetzte wurde etwas bequemer und handlicher; Hedwig zeigte, wie sich mit seiner Hilfe die Organisation der kleinsten Pflanzen, besonders aber der Moose enthüllt, auch versuchte er es, den Bau des Zellgewebes und der Gefäßbündel höherer Pflanzen zu erkennen. Mit dem Beginn des 19. Jahrhunderts aber steigerte sich ganz plötzlich wieder das Interesse an der Phytotomie; in Frankreich war es Mirbel, in Deutschland Kurt Sprengel, der die mikroskopische Struktur der Pflanzen wieder zum Gegenstand ernster Beobachtungen machte. Die Leistungen beider waren anfangs äußerst schwach und sie widersprachen einander; es entwickelte sich in den nächsten Jahren eine lebhafte Polemik über die Natur der Zellen, Fasern und Gefäße, an welcher sich bald zahlreichere deutsche Botaniker betheiligten; es kam wieder Leben in die Sache, besonders als die Göttinger Akademie eine Preisfrage über die streitigen Puncte aufstellte (1804), an deren Lösung sich Link, Rudolphi und Ludolph Treviranus betheiligten, während Bernhardi auf eigene Hand sich mit der Natur der Pflanzengefäße beschäftigte. Es war nicht viel, was durch diese Arbeiten erreicht wurde: man hatte gewissermaßen ganz von vorn angefangen und noch galten jetzt nach 130 Jahren Malpighi und Grew als die wichtigsten Autoritäten, auf welche man immer wieder zurückging. Die Fragen aber, um die es sich jetzt handelte, waren doch in der Hauptsache andere als damals:

hatten es Malpighi, Grew und Leeuwenhoek sich vorwiegend zur Aufgabe gemacht, die verschiedenen Gewebeformen in ihrer Zusammenlagerung zu studiren, so kam es den genannten Männern nun vorwiegend darauf an, den feineren Bau der verschiedenen Gewebe selbst deutlicher zu erkennen, darüber in's Reine zu kommen, wie man sich den Zellenbau des parenchymatischen Gewebes zu denken habe, welches die wahre Struktur der Gefäße und der Fasern sei. Daß man in dieser Richtung anfangs sehr langsam vorwärts kam, lag nicht nur an der Unvollkommenheit der Mikroskope, sondern in weit höherem Grade an der sehr ungeschickten Präparation und dem Einfluß verschiedener Vorurtheile, vor Allem aber an einer zu geringen geistigen Anstrengung. Ein großer Fortschritt aber wurde erzielt durch ein umfangreiches Werk, welches der jüngere Moldenhawer 1812 herausgab. Sehr sorgfältige und zweckmäßige Präparation der Objekte, kritische Behandlung des Selbstgesehenen und der Literatur zeichnen dieses Werk aus und im Grunde beginnt erst mit ihm wieder eine streng wissenschaftliche Behandlung der Phytotomie. An Moldenhawer knüpfte später (seit 1828) Hugo Mohl an, während gleichzeitig auch Meyen sich eifrig der Phytotomie widmete. Ganz vorwiegend aber waren es Mohl's Leistungen, welche bis 1840 diese Periode der Pflanzenanatomie zu einem gewissen Abschluß brachten. So schwach auch die Anfänge in diesem Zeitraum von 1800 — 1840 waren, und so bedeutend auch der durch Hugo Mohl bewirkte Fortschritt der Phytotomie am Ende desselben sich darstellt, so dürfen wir doch Alles, was während dieser Zeit geleistet wurde, insoferne zusammenfassen, als die zu bearbeitenden Fragen im Wesentlichen dieselben blieben; wie bei Mirbel und Treviranus, wie bei Moldenhawer und Meyen, handelte es sich auch bei Mohl bis 1840 ganz vorwiegend um die Entscheidung der Fragen, wie das feste Zellstoffgerüst der Pflanze im fertigen Zustand beschaffen ist, ob zwischen je zwei Zellräumen eine einfache oder eine doppelte Wandlamelle liegt, was unter Tüpfeln und Poren zu verstehen ist, wie die verschiedenen Formen der

Fasern und Gefäße aufzufassen sind; als ein Hauptresultat dieser Bestrebungen ist aber auch schon die Feststellung der Thatsache zu bezeichnen, daß sich alle Elementarorgane der Pflanze auf Eine Grundform, auf die der allseitig geschlossenen Zelle zurückführen lassen; daß die Fasern nur langgestreckte Zellen sind, die ächten Gefäße jedoch aus reihenweise geordneten, mit einander in offene Verbindung getretenen Zellen entstehen.

Hatten die Phytotomen vor 1840, vor Allem wieder Mohl, auch gelegentlich entwicklungsgeschichtliche Verhältnisse mit beachtet, waren auch bereits in den dreißiger Jahren einzelne Fälle der Entstehung verschiedener Zellen von Mohl und Mirbel beschrieben worden, so überwog doch immer das Interesse an der richtigen Auffassung der fertigen Struktur des Gewebes; auch waren bei der anatomischen Untersuchung physiologische Gesichtspunkte, wenn auch nicht mehr in erster Linie, von Gewicht, insoferne die Beziehung der anatomischen Struktur zur Funktion der Elementarorgane die Untersuchung beeinflußte. Mit dem Auftreten Schleiden's und Nägeli's trat auch hier die entwicklungsgeschichtliche Behandlung und die rein morphologische Betrachtung der inneren Struktur in den Vordergrund. Namentlich war es die erste Entstehung der Pflanzenzellen und ihr Wachsthum, welches jetzt erörtert wurde. Schleiden hatte schon vor 1840 eine Theorie der Zellenbildung aufgestellt, welche, auf zu wenige und ungenaue Beobachtungen gestützt, alle Zellbildungsvorgänge im Pflanzenreich auf eine einzige Form zurückführte, die sich mit dem schon damals Bekannten schwer vereinigen ließ. Aber schon 1846 wurde die mit großem Aufsehen in die Welt getretene Schleiden'sche Theorie von Nägeli vollständig widerlegt, an ihrer Stelle auf Grund sehr eingehender und umfangreicher Untersuchungen die wahre Entstehungsgeschichte der Pflanzenzellen in ihren Hauptzügen und in ihren verschiedenen Formen dargestellt. Es lag aber in der Natur der Sache, daß die Untersuchungen über die Entstehung der Pflanzenzellen die Aufmerksamkeit der Beobachter, die früher fast ausschließlich dem festen Gerüst des Zellengewebes gegolten

hatte, nunmehr auf den saftigen Inhalt der Zellen hinlenkten. Der schon von Robert Brown entdeckte Zellkern war in seiner weiteren Verbreitung bereits von Schleiden erkannt, wenn auch in seiner Beziehung zur Zellbildung weit überschätzt worden; durch Nägeli und Mohl wurde jetzt der wichtigste Bestandtheil der Pflanzenzelle, das Protoplasma, in seiner Eigenartigkeit, besonders in seiner Bedeutung für die Entstehung der Zellen erkannt. Schon 1855 machte Unger auf die große Aehnlichkeit aufmerksam, welche zwischen dem Protoplasma der Pflanzenzellen und der Sarkode der einfachsten Thiere besteht: eine Wahrnehmung, welche später durch das Verhalten der Myxomyceten besonders in den Vordergrund trat und in den sechziger Jahren schließlich auch von Seiten der Zootomen zu der Erkenntniß führte, daß die Grundlage aller organischen Entwicklung, der pflanzlichen sowohl, wie der thierischen, zunächst in dem Protoplasma zu suchen sei. — Dies waren jedoch nur einige der bedeutenderen Errungenschaften der entwicklungsgeschichtlichen Phytotomie seit 1840; eine andere vielleicht noch wichtigere wurde durch Nägeli's Untersuchung der Molekularstruktur der organisirten Zellentheile gewonnen; er stellte (1858—1863) eine Theorie auf, welche nicht nur über die feinsten, mikroskopisch unsichtbaren Strukturverhältnisse organisirter Körper Aufschluß gibt, sondern auch die Grundlage einer tieferen Einsicht in die mechanischen uud chemischen Vorgänge des Wachsthums anbahnt. — Aber auch in ganz anderer Richtung führte die entwicklungsgeschichtliche Behandlung der Phytotomie zu neuen Gesichtspuncten und zu neuen Resultaten; auf die Art, wie Nägeli seit 1844 die Zelltheilungsfolgen bei dem Wachsthum der Organe zur Grundlage der morphologischen Betrachtung machte, wie dabei ganz besonders die Kryptogamen ihre innere Architektonik enthüllten, auf die großartigigen Resultate, welche die entwicklungsgeschichtliche Phytotomie in ihrer Anwendung auf die Embryologie durch Hofmeister 1851 zu Tage förderte, wurde bereits am Schluß des ersten Buches hingewiesen; hier aber ist noch hervorheben, wie nun im Lauf der fünfziger und sechziger Jahre auch die

verschiedenen Gewebeformen, zumal die Gefäßbündel, entwicklungsgeschichtlich behandelt wurden, wie erst auf diesem Wege es gelang, den inneren histologischen Zusammenhang der Blätter und Axen, der Sprosse und Muttersprosse, der Wurzeln und Nebenwurzeln aufzuklären, und vor Allem auch eine richtige Einsicht in das nachträgliche Dickenwachsthum zu gewinnen, die wahre Entstehung eines Holzkörpers und der sekundären Rinde zu verstehen.

Es ist nun Aufgabe der folgenden Capitel, die hier in ihrem Hauptmomenten angedeutete Geschichte der Phytotomie ausführlicher darzustellen.

Erstes Capitel.

Begründung der Phytotomie durch Malpighi und Grew. 1671—1682.

Die Grundlage aller Pflanzenanatomie, aller Einsicht in die Struktur der Pflanzensubstanz ist die Kenntniß ihres zelligen Baues. Die erste Wahrnehmung eines solchen finden wir in einem 1667 erschienenen, umfangreichen Werke von **Robert Hooke**[1]): Mikrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses (London). Der Verfasser dieses merkwürdigen Buches war nicht Botaniker, sondern ein Naturforscher von der Art, wie sie besonders im 17. Jahrhundert vorkamen: er war Mathematiker, Chemiker und Physiker, vor Allem Mechaniker, der sich später auch als Architekt bewährte, dabei Philosoph in der damals neuen Richtung; neben zahlreichen Entdeckungen auf den verschiedensten Gebieten gelang es ihm auch 1660 das zusammengesetzte Mikroskop soweit zu verbessern, daß es bei namhafter Vergrößerung noch einigermaßen deutliche Bilder gab. Mit seinem Instrument entdeckte schon 1661 Henshaw, wie angegeben wird, die Gefäße im Holz des Nußbaums, eine für unsere Geschichte ziemlich gleichgültige Thatsache. Hooke selbst aber wollte vor Allem der Welt zeigen, was Alles

[1]) Robert Hooke, geb. 1635 zu Freshwater auf der Insel Wight, entfaltete trotz seines kranken Körpers eine Thätigkeit von unglaublicher Ausdehnung und Vielseitigkeit, über welche ein guter Artikel von de l'Aulnaye in der Biographie universelle Auskunft gibt. Hooke wurde 1662 Mitglied der Royal society, später auch Sekretär derselben und Professor der Geometrie am Grasham college. Er starb 1703.

man mit seinem verbesserten Instrument sehen könne; als Verehrer der inductiven Philosophie kam es ihm darauf an, die Sinneswahrnehmungen, die Grundlage aller menschlichen Erkenntniß, zu vervollkommnen; in diesem Sinne unterwarf er seinem Mikroskop die verschiedensten Dinge, um zu zeigen, wie viel das unbewaffnete Auge nicht sieht. An das, was er sah, knüpfte er Erörterungen über die manigfaltigsten Fragen seiner Zeit. Das Buch war also nicht etwa der Phytotomie gewidmet; vielmehr ist darin von der Struktur der Pflanzensubstanz nur eben so gelegentlich die Rede, wie von der Entdeckung parasitischer Pilze auf Blättern und von anderen Dingen. Was Hooke aber von der Struktur der Pflanzen sah, war nicht viel, aber neu und im Ganzen vorurtheilsfrei aufgefaßt. Es scheint, daß er den zelligen Bau der Pflanzen zuerst durch die mikroskopische Besichtigung der Holzkohle aufgefunden habe. Dann aber untersuchte er auch den Kork und andere Gewebeformen. Ein dünner Schnitt des Flaschenkorkes auf schwarzem Grund (also bei auffallendem Licht) erscheine wie eine Bienenwabe, man unterscheide Hohlräume (Poren) und die sie trennenden Wände; jenen aber giebt er den Namen, den sie noch jetzt führen: er nennt sie Zellen. Die reihenweise Anordung der Korkzellen verführt ihn aber, sie für Abtheilungen langer Hohlräume zu halten, welche durch Diaphragmen getrennt sind. Dies, sagt er, seien überhaupt die ersten mikroskopischen Poren, die er und irgend Jemand gesehen habe; er hielt also die Zellräume der Pflanzen für ein Beispiel der Prosität der Materie, wofür sie auch in den neuesten Lehrbüchern der Physik noch ausgegeben werden. Auch benutzte Hooke seine Entdeckung zunächst nur dazu, die physikalischen Eigenschaften des Korkes zu erklären: die Zahl der Poren in einem Kubikzoll berechnet er auf 1200 Millionen. Er zieht aber noch eine andere Folgerung botanischer Natur: er schließt nämlich aus dem Bau des Korkes, daß er der Rindenauswuchs eines Baumes sein müsse und beruft sich zur Bestätigung dieser Hypothese auf die Angaben eines gewissen Johnston. Die Thatsache, daß der Kork die Rinde eines Baumes sei, war also

damals noch nicht allen Gebildeten in England bekannt. — Weiter hin aber heißt es bei Hooke, diese Art der Textur sei nicht bloß dem Kork eigen; denn als er mit seinem Mikroskop das Mark des Hollunders und anderer Bäume, sowie auch die Pulpa hohler Stengel, wie derer des Fenchels, der Karden, des Schilfes u. a. geprüft habe, so habe er eine ganz ähnliche Art der Struktur gefunden, nur mit dem Unterschied, daß hier die Poren (Zellen) in Längsreihen, bei dem Kork dagegen in Transversalreihen geordnet seien. — Verbindungskanäle der Zellen unter einander habe er zwar nicht gesehen, solche müssen aber existiren, da der Nahrungssaft von einer zur andern geht; denn er habe gesehen wie bei frischen Pflanzen die Zellen mit Saft gefüllt sind und ebenso sei es bei den langen Poren des Holzes, die er dagegen bei dem verkohlten Holze saftleer, mit Luft gefüllt gefunden habe.

Man sieht, es war nicht viel, was Hooke mit seinem verbesserten Mikroskop sah; dünne Querscheiben des Stengels der Balsamine oder des Kürbis, zweier Pflanzen, die damals in jedem Garten wuchsen, hätten auch dem unbewaffneten Auge ebensoviel, ja mehr von der Pflanzenstruktur gezeigt. Hier bewährte sich aber sogleich, was ich oben über den Einfluß des Mikroskops auf den Gebrauch des Auges sagte; die Freude an der Leistung des neuen Instruments mußte erst die Aufmerksamkeit auf Dinge lenken, die man auch ohne jenes sehen konnte, aber eben doch nicht sah.

Um die Zeit des Erscheinens von Hooke's Mikrographie hatten aber bereits Malpighi und Grew die Struktur der Pflanzen zum Gegenstand ausführlicher und methodischer Untersuchungen gemacht, deren Resultate sie fast gleichzeitig 1671 der königlichen Gesellschaft in London vorlegten. Die Frage, welchem von beiden die Priorität gebühre, ist wiederholt besprochen worden, obwohl die hier zu beachtenden Thatsachen ganz klar vorliegen. Der erste Theil von Malpighi's später erschienenem großen Werk, die Anatomes plantarum idea, ist datirt Bologna den 1. November 1671 und Grew, später (seit 1677) Sekretär

der Royal society, berichtet in der Vorrede zu seinem anatomischen Werk (1682), am 7. Dezember 1671 habe Malpighi seine Schrift der Gesellschaft vorgelegt, an demselben Tage, wo Grew seine Abhandlung The anatomy of plantes begun schon gedruckt vorlegte, nachdem er sie bereits als Manuscript am 11. Mai desselben Jahres eingereicht hatte. Es ist aber zu beachten, daß diese Daten nicht etwa für die ausführlichen, später erschienenen Werke beider Männer gelten, sondern nur für ihre resumirenden vorläufigen Mittheilungen, in denen sie die Hauptergebnisse ihrer bis dahin angestellten Forschungen kurz zusammenfaßten; diese vorläufigen Mittheilungen bildeten in den spätern ausführlichen Werken beider den ersten Theil, gewissermaßen die Einleitung. Die ausführliche Darstellung Malpighi's wurde 1674 vorgelegt, während Grew zwischen 1672 und 1682 noch eine Reihe von Abhandlungen über die verschiedenen Theile der Pflanzenanatomie ausarbeitete, die dann mit jener vorläufigen Mittheilung zusammen 1682 unter dem Titel: The anatomie of plantes in einem starken Folioband erschienen. Grew hatte also Gelegenheit bei seinen späteren Ausarbeitungen Malpighi's Ideen zu benutzen; er hat dieß wirklich gethan und was die Hauptsache für den Prioritätsstreit ist: wo er es that, hat er Malpighi ausdrücklich citirt. Damit erledigt sich ohne Weiteres die schwere Beschuldigung, welche Schleiden (Grundzüge 1845 I. p. 207) gegen Grew erhoben hat.

Wer die umfangreichen Werke von Malpighi und Grew nicht selbst gelesen hat, sie etwa nur aus den Citaten der späteren Phytotomen kennt, kann leicht auf die Meinung verfallen, die beiden Begründer der Phytotomie hätten sich schon eine Zellentheorie von der Art, wie wir sie jetzt besitzen, zu recht gelegt. Dem ist jedoch nicht so; die Werke von Malpighi und Grew haben nur geringe Aehnlichkeit mit den neuern Darstellungen der Pflanzenanatomie; der Unterschied liegt vorwiegend darin, daß die Neueren bei ihrer Darstellung der Struktur der Pflanzen sogleich von dem Begriff der Zelle ausgehen und erst später die Verbindung der Zellen zu Gewebemassen behandeln, während

dagegen die Begründer der Phytotomie, wie es in der Natur der Sache lag, zuerst und ganz vorwiegend die gröberen anatomischen Verhältnisse behandeln, Rinde, Bast, Holz, Mark vorwiegend der dikotylen Holzpflanzen in ihren makroskopischen Verhältnissen beschreiben, die histologischen Unterschiede von Wurzel, Stamm, Blatt, Frucht in ihren gröberen Verhältnissen darstellen, den Bau der Knospen, Blüthen, Früchte, Samen soweit er sich vorwiegend mit unbewaffnetem Auge erkennen läßt, ausführlich untersuchen. Die feineren Strukturverhältnisse werden erst im Anschluß an diese gröbere Anatomie und überall im innigsten Zusammenhang mit dieser behandelt. Der Hauptnachdruck fällt dabei auf die Betrachtung der Art und Weise, wie die faserigen Gewebemassen sich mit dem saftig parenchymatischen verbinden; die Fragen nach der Natur der Zelle, der Faser, des Gefäßes werden nur gelegentlich im Laufe der Darstellung wiederholt berührt oder ausführlicher besprochen. Untersuchung und Darstellung ist hier also eine vorwiegend analytische, während sie in den neueren Compendien der Phytotomie wesentlich synthetisch ist. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß bei dieser Behandlungsweise diejenigen Fragen, welche in unserm Jahrhundert eine prinzipielle Wichtigkeit gewannen, entweder nur nebenher oder gar nicht behandelt wurden; man darf daher, um das Verdienst beider Männer beurtheilen zu können, nicht mit den Anforderungen, welche die fortgeschrittene Wissenschaft stellt, an die Lektüre ihrer Werke herantreten. Ganz verkehrt wäre es sogar, den Werth dieser Bücher danach bemessen zu wollen, ob und in wieweit ihr Inhalt mit der gegenwärtigen Zellentheorie übereinstimmt. Beide hatten vollauf damit zu thun, sich in der neuen Welt, die das Mikroskop eröffnete, überhaupt nur zu orientiren; viele Fragen, die für uns bedeutungslos geworden sind, mußten damals erst gelöst werden und gerade in diesem Streben, sich vor allen Dingen über die gröberen Verhältnisse des anatomischen Baues der Pflanzen zu orientiren, lag ganz vorwiegend das Verdienst Malpighi's und Grew's; in dieser Beziehung ist das Studium ihrer Werke selbst jetzt noch den Anfängern zu empfehlen,

da die neueren phytotomischen Werke in dieser Richtung meist sehr unvollkommen sind. Bei all dem ist jedoch nicht zu unterschätzen, was Malpighi und Grew über die feinere Anatomie, besonders über die Beschaffenheit des festen Zellhautgerüstes in der Pflanze sagen; so unvollkommen und unfertig auch ihre Ansichten darüber sind, so blieben sie doch über hundert Jahre lang die Grundlage alles dessen, was man über die zellige Struktur der Pflanzen wußte und als am Anfang unseres Jahrhunderts die Phytotomie einen neuen Aufschwung nahm, waren es gerade Malpighi's und Grew's zerstreute Bemerkungen über die Verbindung der Zellen unter einander, über die Struktur der Fasern und Gefäße, an welche die neueren Phytotomen anknüpfend ihre eigenen Untersuchungen aufnahmen.

Wenn in den hier berührten Puncten Malpighi und Grew der Hauptsache nach übereinstimmten, so war doch die Darstellung beider im Uebrigen sehr verschieden. Malpighi hielt sich mehr an das unmittelbar Sichtbare, Grew gefiel sich darin, an das Gesehene die mannigfaltigsten theoretischen Erörterungen zu knüpfen, besonders suchte er auf speculativem Wege über die Grenzen des mikroskopisch Sichtbaren hinauszugehen. Malpighi's Darstellung macht mehr den Eindruck eines genialen Entwurfs, Grew's den der sorgfältigsten, selbst etwas pedantischen Ausführung; in Malpighi verräth sich eine größere formale Bildung, welche die Fragen halb spielend, andeutend, fast im Conversationston behandelt. Grew dagegen ist bemüht, die neue Wissenschaft schulmäßig in ein wohl durchdachtes System, auch mit der Chemie, Physik und vor Allem mit der cartesianischen Korpuskularphilosophie in Zusammenhang zu bringen. Malpighi war einer der berühmtesten Mediciner und Zootomen seiner Zeit und behandelte die Phytotomie von den in der Zootomie bereits eröffneten Gesichtspuncten aus; Grew beschäftigte sich zwar auch gelegentlich mit Zootomie, er war aber in der That fachmäßig Pflanzenanatom, der sich zumal seit 1668 fast ausschließlich mit der Struktur der Pflanzen beschäftigte, so zwar, daß bis auf Mirbel

und Mohl kaum Einer in dem Grade sich der Phytotomie gewidmet hat.

Wie auch auf dem Gebiet der Medicin im 17. Jahrhundert die menschliche Anatomie auf das Innigste mit der Physiologie verknüpft war, die letztere noch gar nicht als besondere Disciplin behandelt wurde, so verband sich nothwendig auch bei den Begründern der Phytotomie die physiologische Betrachtung der Funktionen der Organe überall mit dem Studium ihrer Struktur. Bei jeder anatomischen Frage standen Erwägungen über die Saftbewegung und Ernährung im Vordergrund; Strukturverhältnisse, welche sich dem bewaffneten Auge entzogen, wurden aus physiologischen Gründen hypothetisch angenommen; obgleich man damals von den Funktionen der Pflanzenorgane überhaupt nur wenig Positives wußte; man stützte sich daher auf Analogieen zwischen Vegetation und thierischem Leben, wodurch die Pflanzenphysiologie zwar ihre ersten kräftigen Impulse erhielt, anfangs aber doch vielfach Irrthümer hervorgerufen wurden, welche auch die anatomische Behandlung oft verwirrten. Gegenwärtig, wo die Pflanzenanatomie sich mehr als wünschenswerth von der Physiologie, d. h. von der Untersuchung der Funktionen der Organe, abgetrennt hat, ist es nach dem Gesagten sehr schwer, ja unmöglich, dem Leser in Kürze den Inhalt der beiden epochemachenden Werke vorzuführen. Ich muß mich darauf beschränken, einige Hauptpuncte hervorzuheben, an welche die weitere Entwicklung der Phytotomie historisch angeknüpft hat; das sind aber zum Theil gerade solche Fragen, denen Malpighi und Grew nur nebenbei ihre Aufmerksamkeit schenkten, deren Betonung also eine gewisse Ungerechtigkeit gegen sie enthält. Auf den physiologischen Inhalt ihrer Werke komme ich im dritten Buch unserer Geschichte zurück, indem ich es hier versuche, nur das die Strukturverhältnisse der Pflanzen Betreffende auszusondern.

Das phytotomische Werk des **Marcello Malpighi**[1]) erschien

[1]) M. Malpighi geb. zu Crevalcuore bei Bologna 1628 wurde 1653 Doctor der Medicin, seit 1656 Professor in Bologna, Pisa, Messina und

unter dem Titel: Anatome plantarum in Verbindung mit einer Abhandlung über das bebrütete Hühnerei (1675). Der phytotomische Theil des Buches zerfällt in zwei Hauptabschnitte, deren erster Anatomes plantarum idea, wie bereits erwähnt, schon 1671 vollendet wurde und eine allgemeine resumirende übersichtliche Darstellung von Malpighi's Ansichten über den Bau und die Funktionen der Pflanzenorgane auf 14½ Folioseiten enthält; während der zweite viel umfangreichere Theil vom Jahre 1674 die im ersten ausgesprochenen Ansichten an zahlreichen Beispielen und mit Hilfe vieler Kupfertafeln eingehend erläutert; unserem Zweck entspricht es, uns vorwiegend an die im ersten Theil zusammenhängend dargestellten Ansichten Malpighi's zu wenden.

Er beginnt seine Betrachtungen mit der Anatomie der Baumstämme und da deren Rinde zuerst in's Auge fällt, so wird zuerst von ihr gehandelt. Der äußere Theil derselben, die Cuticula, bestehe aus Schläuchen (utriculis) oder Säckchen, welche in horizontale Reihen geordnet sind; mit dem Alter sterben diese ab, fallen zusammen und bilden zuweilen eine trockene Epidermis. Nach Wegnahme der letzteren kommen mehr und mehr Schichten holziger Fasern zum Vorschein, welche gewöhnlich netzartig mit einander verwebt und schichtenweise über einander gelagert der Längsrichtung des Stammes folgen. Diese fibrösen Bündel bestehen aus zahlreichen Fasern und jede einzelne derselben aus Röhren, welche in einander münden (quaelibet fibra insignis fistulis invicem hiantibus constat) u. s. w. Die Zwischenräume jenes Netzes werden von rundlichen Schläuchen erfüllt, die gewöhnlich gegen das Holz hin horizontale Richtung haben. Hat man die Rinde weggenommen, so erscheint das Holz, dessen größerer Theil aus Fasern und Röhren besteht, welche in die Länge gestreckt sind und aus Ringen oder gegen

---

wieder in Bologna. Innocenz XII. ernannte ihn 1691 zu seinen Leibarzt. Er starb 1694. Ueber seine vergleichend anatomischen Arbeiten und seine Verdienste um die menschliche Anatomie vergl. Biographie universelle und V. Carus Gesch. der Zoologie p. 395.

einander geöffneten Blasen bestehen, die in Längsreihen geordnet sind. Auch die Fasern des Holzes laufen nicht parallel, sondern lassen netzartig anastomosirend winklige Räume zwischen sich entstehen, deren größere wieder von Schlauchbündeln erfüllt sind, die von der Rinde durch diese Zwischenräume hindurch bis zum Mark verlaufen u. s. w. — Zwischen den genannten fibrösen und fistulösen Bündeln des Holzes liegen die Spiralröhren (spirales fistulae), an Zahl zwar geringer, an Größe aber beträchtlicher, so daß sie am querdurchschnittenen Stamm mit offener Mündung erscheinen. Sie liegen in verschiedener Weise, der Mehrzahl nach aber in koncentrischen Kreisen. Diese Spiralröhren habe er durch zehnjährige Untersuchung (also schon seit 1661) bei allen Pflanzen gefunden und es mag gleich hier hinzugesetzt werden, daß Grew in der Einleitung zu seinem Werk ausdrücklich die Priorität dieser Entdeckung dem Malpighi zugesteht; andererseits aber muß auch hinzugefügt werden, daß Malpighi's Vorstellungen von diesen Spiralröhren höchst unklar waren [1]), was bei den späteren Schriftstellern vielfach Anlaß zu Mißdeutungen und groben Irrthümern gab. Er glaubte in diesen Gefäßen sogar eine peristaltische Bewegung wahrzunehmen, eine Täuschung der sich am Anfang unseres Jahrhunderts manche Naturphilosophen mit besonderer Vorliebe noch hingaben.

Bei dem Ficus, der Cypresse u. a. beobachtete er außerhalb der fibrösen Fascikeln und Tracheen verschiedene Reihen von Röhren, welche eine Milch ausfließen lassen, woraus er schließt, daß auch im Holz der Stämme derartige eigenthümliche

[1]) Componuntur (heißt es p. 3) expositae fistulae (spirales) zona tenui et pellucida, velut argentei coloris, lamina, parum lata, quae spiraliter locata, et extremis lateribus unita, tubum interius et exterius aliquantulum asperum efficit; quin et avulsa zona capites seu extremo trachearum tum plantarum, tum insectorum, non in tot disparatos annulos resolvitur, ut in perfectorum trachea accidit; sed unica zona in longum soluta et extensa extrahitur.

Röhren vorhanden sein möchten, aus denen Milch, Terpentin, Gummi und Aehnliches ausfließe.

Hiemit haben wir die Elementarorgane der Pflanze, soweit sie Malpighi bekannt waren: im Folgenden finden wir sie zu einer Histologie des Stammes verwendet, in welche sich jedoch sofort ein Irrthum einschleicht, der sich, auf die Autorität Malpighi's gestützt, bei den Phytotomen des 18. Jahrhunderts und selbst bei denen in den ersten Dezennien des 19. erhalten hat, die Theorie nämlich, daß die jungen Holzlagen des Stammes durch periodische Umänderung der innersten Rindenschichten (sekundären Bastschichten) entstehen, zu welcher Annahme er, wie es scheint, zum Theil durch die Weichheit und helle Farbe des Splintes, zum Theil durch die faserige Beschaffenheit desselben verleitet wurde. In dieser Substanz entstehen nun nach und nach die Spiralröhren und indem die Masse solider und kompakter wird, bildet sie später das wahre Holz.

Im Innersten des Stammes liegt das Mark, welches nach Malpighi aus zahlreichen Ordnungen von Kugeln (globulorum multiplici ordine) besteht, die der Länge nach aneinander gereiht sind und aus membranösen Schläuchen bestehen, wie man deutlich am Nußbaum, dem Hollunder u. a. wahrnehme. Bei dieser Gelegenheit werden auch gleich die Milchgefäße im Mark des Hollunders erwähnt. Indem wir verschiedenes Andere übergehen, mag noch hervorgehoben werden, daß er an den jungen Zweigen den Zusammenhang ihrer Gewebeschichten mit denen des Muttersprosses erkennt; daß er ebenso mit besonderem Nachdruck dieselbe Continuität der Gewebeschichten zwischen Blatt und Sproßaxe hervorhebt. Dann berührt er kurz die anatomischen Verhältnisse der Früchte und Samen, das Vorhandensein und den Bau des Embryo's in Letzteren, um dann auf die Wurzeln überzugehen. „Die Wurzeln sind bei den Bäumen ein Theil des Stammes, welcher in Zweige getheilt endlich in Haarfäden (capillamenta) sich auflöst; so zwar, daß die Bäume nichts Anderes sind, als feine Röhren, welche innerhalb des Bodens getrennt verlaufen, sich nach und nach in Bündel sammeln,

welche selbst weiterhin mit anderen noch größeren sich vereinigen und endlich sämmtlich gewöhnlich in einen einzigen Cylinder zusammentreten, um so den Stamm zu bilden, welcher dann an der entgegengesetzten Extremität durch wieder eintretende Separation der Röhren seine Aeste ausstreckt und nach und nach durch weitere Theilung aus größeren in kleine, endlich in den Blättern sich ausbreitet und so seine letzte Begrenzung findet." Der Schluß der ganzen Darstellung betrifft vorwiegend die Bedeutung der verschiedenen Gewebeformen für die Ernährung der Pflanze.

Im zweiten, 1674 vorgelegten Theil werden nun die verschiedenen Gewebeformen des Stammes ausführlicher besprochen, wobei sich neben vielem in der That Guten doch auch vieles höchst Unvollkommene vorfindet, was nicht ausschließlich der Inferiorität seiner Mikroskope zuzuschreiben sein möchte. Ganz vortrefflich ist jedoch die Art und Weise, wie Malpighi über die gröberen anatomischen Verhältnisse der Rinde des Holzes des Markes sich zu orientiren sucht, wie er zumal in der Textur der Rinde und des Holzes den longitudinalen Verlauf der Gefäße und Holzfasern mit dem horizontalen Verlauf der Markstrahlen und Spiegelfasern zusammenhält. Seinen Abbildungen nach zu schließen, müssen die von ihm angewandten Vergrößerungen schon recht beträchtliche gewesen sein; wieviel von dem Fehlerhaften aber der Unklarheit des Gesichtsfeldes, wieviel der ungenauen Beobachtung zuzuschreiben sei, läßt sich nicht sagen. So sieht er z. B. die gehöften Tüpfel des Coniferenholzes ohne deren centrale Pore zu erkennen und bildet sie als grobe Körner ab, welche auf der Außenseite der Holzzellen liegen; für Malpighi sowohl, wie für seine Nachfolger war es ein Mißgeschick, daß die großen Gefäße des Dikotylen-Holzes, denen sie ihre Aufmerksamkeit besonders zuwandten, oft von sekundärem Zellgewebe erfüllt sind (den Tüllen), die Malpighi bereits Taf. VI. Fig 21. abbildet, deren wahre Natur aber erst fast 150 Jahre später erkannt wurde. Ganz besonderen Nachdruck legt Malpighi, wie es nachher auch von den späteren Phytotomen bis in die zwanziger Jahre unseres Jahrhunderts herein geschehen

ist, auf die Struktur der Spiralgefäße oder Tracheen, von denen er ganz besonders hervorhebt, daß sie immer von einer Scheide von Holzfasern umgeben sind. Indessen verfiel Malpighi noch nicht auf die sonderbaren Vorstellungen über die Natur der Spiralgefäße, denen sich später Grew und die anderen Phytotomen hingaben.

Wir können hier die zahlreichen Exkurse auf die Assimilation und Saftbewegung übergehen; hervorzuheben sind dagegen Malpighi's Beschreibungen und Abbildungen der Knospentheile, des Gefäßbündelverlaufs in verschiedenen Pflanzentheilen, ganz besonders auch seine Blüthen- und Fruchtanalysen und die für ihre Zeit sehr sorgfältige Untersuchung der Samen und Embryonen, deren Betrachtung uns jedoch vom Hauptthema zu weit abführen würden.

Wenn Malpighi's Werk mehr den Eindruck einer genial hingeworfenen Skizze macht, bei der es dem Autor wesentlich nur auf Feststellung der Grundzüge der Architektur der Pflanze ankommt, so erscheint dagegen das bei Weitem umfangreichere Werk von Nehemiah Grew [1]), The anatomy of plantes (1682) als ein in allen Einzelheiten sorgfältig durchgearbeitetes Lehrbuch; die geschmackvolle Eleganz Malpighi's ist hier durch eine oft weitschweifige, gründliche Ausführlichkeit ersetzt; während bei Malpighi nur gelegentlich die philosophischen Vorurtheile seiner Zeit anklingen und ihn dann gewöhnlich zu Mißgriffen veranlassen, ist dagegen Grew's Darstellung zwar überall von den philosophisch-theologischen Vorstellungen des damaligen Englands durchwebt; dafür aber entschädigt uns auf der anderen Seite eine bessere systematische Durchführung des Gedankengangs und besonders das Streben, das sinnlich Wahrgenommene in möglichst klare Vorstellungen um-

[1]) Nehemia Grew wurde als Sohn eines Geistlichen in Coventry wahrscheinlich 1628 geboren. Nachdem er auf einer ausländischen Universität das Doktorat erworben, widmete er sich in seiner Vaterstadt der ärztlichen Praxis und phytotomischen Untersuchungen; 1677 wurde er Sekretär der Royal Society. Nachdem er noch 1701 eine Cosmographia sacra herausgegeben, starb er 1711 (Biogr. univers.)

zusetzen. Obgleich auch er physiologische Erwägungen überall mit in die anatomische Forschung hineinzieht, hält er sich doch frei von manchen Vorurtheilen, welche Spätere auf diesem Wege in die Phytotomie hineintrugen. Um nur vorläufig einen Punct hervorzuheben, vermied er den später so verbreiteten Irrthum, als ob die Zellwände zum Zweck der Saftbewegung sichtbare Oeffnungen haben müßten, ein Irrthum, der erst 1828 von Mohl definitiv beseitigt wurde.

Auch Grew's Werk zerfällt, wie schon erwähnt, in zwei Hauptabtheilungen, von denen die erste The anatomy of plants begun with a general account of vegetation founded thereopon 1671 gedruckt wurde und in rascher cursorischer Darstellung auf 49 Folioseiten die gesammte Anatomie und Physiologie der Pflanzen umfaßt. In den späteren Jahren bis 1682 erschienen dann als besondere Abhandlungen die Anatomie der Wurzeln, Stämme, Blätter, Blüthen, Früchte und Samen. Die dem Werk einverleibten chemischen Untersuchungen, ferner die über Farben, Geschmack und Geruch der Pflanzen können wir ebenso gut übergehen, wie die vorausgeschickte Abhandlung An idea of a philosophical history of plants, von der wir wohl, da sie erst im Januar 1672 der Royal society vorgelegt wurde, annehmen dürfen, daß sie vielleicht als ein Gegenstück zu Malpighi's Anatomes plantarum idea geschrieben worden sei, obgleich sie in der Darstellung weit von jener abweicht und Vieles aufnimmt, was der Anatomie und Physiologie der Pflanzen fremd ist.

Auch bei Grew fällt der Schwerpunct der Untersuchung nicht in die Betrachtung der einzelnen Zelle, sondern in die Histologie; nachdem er ebenso wie Malpighi den Hauptunterschied des parenchymatischen Gewebes und der longitudinal gestreckten Faserformen, der ächten Gefäße und der saftführenden Canäle erkannt hat, kommt es ihm vorwiegend darauf an, die Zusammenlagerung dieser Gewebeformen in den verschiedenen Organen der Pflanze nachzuweisen und in diesem Puncte leistet er weit mehr als Malpighi, sowohl in sorgfältiger Beschreibung,

wie Schönheit der Abbildungen. Die zahlreichen Figuren Grew's, sorgfältiger als die von Malpighi in Kupfer gestochen, geben in der That zumal von dem Bau der Wurzeln und Stämme eine so klare Anschauung, daß noch jetzt ein Anfänger sie zur ersten Orientirung mit Nutzen gebrauchen kann; Figuren, wie die auf Tafel 36, 40 u. a. zeigen, daß Grew mit vielem Nachdenken seine Beobachtungen zu einem klaren Bild des Gesehenen zu gestalten wußte. Im Einzelnen finden sich freilich und selbstverständlich viele Irrthümer, wo es sich um den feineren Bau der verschiedenen Gefäß- und Zellenformen handelt.

Malpighi hatte Nichts darüber gesagt, ob er sich die Schläuche des Parenchyms (der Name Parenchym stammt von Grew) völlig geschlossen oder porös denke und in welcher Weise sie unter einander zusammenhängen; Grew läßt über diesen Punct keinen Zweifel; er sagt ausdrücklich p. 64, die Zellen oder Blasen des Parenchyms seien in sich geschlossen, ihre Wände nicht von sichtbaren Poren durchbohrt, so daß das Parenchym mit Bierschaum verglichen werden könne. Betreffs der Gefäße im Holz führt er ausdrücklich Malpighi's Ansicht an, ergänzt dieselbe aber dadurch, daß das Spiralband nicht immer bloß ein einzelnes sei, sondern daß auch zwei oder mehr von einander ganz isolirte Bänder die Wand des Gefäßes bilden, auch sei der Spiralfaden nicht flach, sondern rundlich wie ein Draht, die Windung desselben je nach dem Pflanzentheil einander mehr oder weniger genähert. Auch hebt er hervor, daß die Spiralröhren niemals verzweigt sind und daß, wenn sie gerade verlaufen, wie im spanischen Rohr, man auf weite Strecken durch sie hindurchsehen kann. Die von Malpighi ausgegangene und dann durch das ganze 18. Jahrhundert festgehaltene Vorstellung vom Bau der Spiralgefäße hat Grew p. 117 klarer, als jener ausgesprochen; wobei man jedoch beachten muß, daß er sowohl, wie Malpighi die eigentlichen Spiralgefäße mit abrollbarer Spiralfaser von den im secundären Holz vorkommenden Gefäßformen, die nur bei der Zerreißung eine spiralige Structur zeigen, nicht scharf unterscheidet. Durch die Art, sagt er, wie die Fasern ge-

webt sind, geschieht es, daß die Gefäße oft in Form einer Platte sich aufrollen, sowie, wenn wir uns denken, ein schmales Ban sei spiralig um einen runden Stab so gewunden, daß Kante an Kante liegt; so wird, wenn der Stab herausgezogen ist, das gewundene Band in Form eines Tubus zurückbleiben und dieser entspräche einem Luftgefäß der Pflanze; es ist nämlich hier hervorzuheben, daß Grew, besser unterrichtet als die Phytotomen des 18. Jahrhunderts, die Holzgefäße als Luftbehälter betrachtet, wenn gleich sie zuweilen Wasser führen. Er fährt aber in der Beschreibung der Gefäßwand fort: die Platte, welche bei der Aufrollung eines Gefäßes zum Vorschein komme, sei selbst wieder aus zahlreichen untereinander parallellaufenden Fäden zusammengesetzt, wie bei einem künstlichen Band: und wie in einem solchen entsprechen auch hier die Fasern, welche spiralig gewunden sind, dem Wurf oder der Kette eines künstlichen Gewebes, sie werden durch querlaufende Fasern, welche bei einem künstlichen Band dem Einschlag entsprechen, zusammengehalten. Um diese sehr sonderbare Vorstellung vom Bau eines Spiralgefäßes im Sinne Grew's zu begreifen, muß man aber wissen, daß er alle Zellwände, auch die des Parenchyms, aus einem äußerst feinem Fadengewebe sich zusammengesetzt denkt; der von ihm vorher gemachte Vergleich des Zellengewebes mit Schaum, soll dem Leser offenbar nur die gröberen Verhältnisse klar machen; seine wahre Meinung ist vielmehr die, daß die Substanz der Gefäß- und Zellwände aus einem künstlichen Gewebe feinster Fäden besteht. Nachdem er schon p. 76 und 77 darauf hingewiesen, kommt er p. 120 noch einmal sehr ausführlich auf diese Vorstellungsweise zurück. Die genaueste Vergleichung sagt er, welche wir von dem ganzen Körper einer Pflanze machen können, ist die mit einem Stück feinem Spitzengewebes, wie die Frauen dasselbe auf einem Kissen herstellen. Denn das Mark, die Markstrahlen und das Parenchym der Rinde sind ein äußerst feines und vollendetes Fadengewebe. Die Fäden des Markes laufen horizontal, wie die Fäden in einem Stück Gewebe und begrenzen die zahlreichen Blasen des Markes und der Rinde,

sowie die Fäden eines Gewebes die Hohlräume desselben umgrenzen. Die Holzfasern und Luftgefäße aber stehen auf diesem Gewebe senkrecht, also rechtwinklich zu den horizontalen Fasern der parenchymatischen Theile, etwa so, wie in einem auf dem Kissen liegenden Gewebestück die Nadeln senkrecht zu den Fäden stehen. Um dieses Bild zu vervollständigen, müsse man sich diese Nadeln hohl denken und das fädige Spitzengewebe in tausendfachen Lagen übereinander geschichtet. Grew gibt selbst gelegentlich an, daß er auf diese Vorstellung durch die Betrachtung eingetrockneter Gewebemassen gekommen sei, wobei er natürlich Runzeln und Falten sehen mußte, die er für feine Fäden nahm. Außerdem scheint er aber auch mit stumpfen Messern geschnitten zu haben, wobei Zellwände faserig zerreißen konnten, wie man fast aus der Abbildung Tafel 40 schließen möchte, wo das von ihm angenommene Fadengewebe der Zellwände deutlich genug abgebildet ist. Endlich mag auch die Beobachtung von netzförmig verdickten Gefäßen und vom kreuzweiß gestreiften Parenchymzellen zur Begründung seiner Ansicht beigetragen haben.

Es wird kaum überflüssig sein, hier die Bemerkung einzuschalten, daß aus Grew's Vorstellung von dem feinsten Bau der Zellwände offenbar der Sprachgebrauch entstanden ist, der hier, wie bei der Structur der Thiere, von Zellgewebe (contextus cellulosus) redet, ein Sprachgebrauch, der sich in die Mikroskopie einbürgerte und noch beibehalten wird, obgleich Niemand mehr an die von Grew gemachte Vergleichung des Zellenbaues mit einem künstlichen Spitzengewebe denkt. Das Wort Gewebe selbst aber, hat offenbar, wie es zu geschehen pflegt, die späteren Schriftsteller vielfach beirrt und sie veranlaßt, der Vorstellung von der Pflanzenstructur das Bild eines künstlichen Gewebes aus Häuten und Fasern zu Grunde zu legen.

Wie Malpighi, läßt auch Grew die jungen Holzlagen des Stammes aus den innersten Rindenschichten entstehen. Das eigentliche Holz, sagt er p. 114, ist nichts weiter, als eine Masse von alt gewordenen Lymphgefäßen, d. h. von Fasern, welche ursprünglich am inneren Umfang der Rinde lagen. Unter

eigentlicher Holzsubstanz versteht er aber den faserigen Bestandtheil des Holzes mit Ausschluß der Luftgefäße; seine Lymphgefäße sind die Bastfasern und ähnliche Gebilde; denn, heißt es weiter, die Luftgefäße mit den Markstrahlen und das wahre Holz bilden das, was gewöhnlich das Holz eines Baumes genannt wird; die Luftgefäße nenne er so, nicht, weil sie niemals Saft enthalten, sondern weil sie während der eigentlichen Vegetationszeit, wenn die Gefäße der Rinde mit Saft erfüllt sind, nur eine vegetabilische Luft enthalten.

Das hier Mitgetheilte giebt allerdings nur eine sehr unvollständige Vorstellung von den phytotomischen Verdiensten Grew's; denn, was hier als Hauptsache hervorgehoben wurde, kam für ihn, der sich vorwiegend mit den gröberen histologischen Verhältnissen befaßte, doch nur nebenbei in Betracht.

Auf diese beiden, nicht nur für die Botanik, sondern für die gesammte Naturwissenschaft bedeutungsvollen Werke Malpighi's und Grew's ist im Laufe der nächsten 120 Jahre kein einziges gefolgt, welches sich irgend wie ebenbürtig an ihre Seite stellen könnte, es erfolgte während dieser langen Zeit nicht nur kein Fortschritt, sondern sogar ein stetiger Rückgang, wie wir im folgenden Abschnitt noch sehen werden. Zunächst wurde freilich noch bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts die Pflanzenanatomie im Einzelnen, wenn auch nicht gerade sehr wichtigen Puncten gefördert durch **Anton van Leeuwenhoek** [1]),

---

[1]) Leeuwenhoek's zootomische Beobachtungen scheinen bedeutender, als seine botanischen. V. Carus sagt von ihm (Gesch. der Zoolg. p. 399): „Benutzte Malpighi das Mikroskop planmäßig und den Bedürfnissen einer Untersuchungsreihe entsprechend, so war das Instrument in den Händen des andern berühmten Mikroskopikers des 17. J.-H. mehr oder weniger das Mittel, die Neugierde, welche die Wunder einer bis dahin unsichtbaren Welt in empfänglichen Geistern erregte, zu befriedigen. Und doch sind die Entdeckungen, welche die Frucht eines emsigen, durch fünfzig Jahre fortgesetzten Gebrauchs des Mikroskops waren, extensiv, sowie ihrer Tragweite nach die wichtigsten und einflußreichsten. Anton von Leeuwenhoek war 1632 in Delft geboren, genoß keine gelehrte Erziehung, da er zum Kaufmannsstande bestimmt war (er soll nicht einmal Latein verstanden haben) wandte

der seine Beobachtungen über thierische und pflanzliche Anatomie in sehr zahlreichen Briefen der Royal society in London mittheilte, von denen eine erste Sammlung unter dem Namen Arcana naturae 1695 in Delft erschien. Es ist nicht leicht, aus den zerstreuten Angaben Leeuwenhoek's ein klares Bild seines phytotomischen Wissens zu gewinnen. Auch er behandelte die gröbere Anatomie, zumal der Früchte, Samen und Embryonen, machte gelegentliche Beobachtungen über die Keimung, wiederholt auch solche über den Bau verschiedener Hölzer u. s. w. Dieß alles jedoch trägt den Charakter nur gelegentlicher Beschäftigung mit den Pflanzen; meist waren es Fragen der damals herrschenden Naturphilosophie, besonders auch solche, welche mit der Evolutionstheorie zusammenhängen, nicht selten sogar bloße Neugierde und das Gefallen an verborgenen, anderen Leuten schwer zugänglichen Dingen, was ihn zu seinen Beobachtungen veranlaßte, aus denen ein Gesammtbild der Pflanzenstructur zu entwerfen, er unterließ. Dabei erwarb er sich aber unstreitig Verdienste um die Vervollkommnung der einfachen Vergrößerungsgläser, deren er eine große Zahl eigenhändig herstellte und welche Vergrößerungen lieferten, die Malpighi und Grew offenbar nicht zu Gebote standen. Diesem Umstand ist zu verdanken, daß Leeuwenhoek, die im secundären Holz verlaufenden Gefäße nicht spiralig verdickt, sondern mit Tüpfeln besetzt fand, deren wahren Bau er jedoch nicht erforschte. Außerdem ist er wohl der Erste gewesen, der die Krystalle im Pflanzengewebe (und zwar im Wurzelstock von Iris florentina und Smilaxarten) auffand, was ebenfalls nur mit starken Vergrößerungen möglich war. Im Uebrigen kehren bei ihm die von Malpighi und Grew gehegten histologischen Vorstellungen

sich aber aus Liebhaberei dem Verfertigen vorzüglicher Linsen zu, mittels deren er unablässig immer neue und neue Gegenstände durchsuchte, ohne bei diesen Untersuchungen von irgend einem durchgehenden wissenschaftlichen Plan geleitet zu werden. Die königl. Gesellschaft zu London, welcher er seine Beobachtungen übersandte, machte ihn zum Mitglied. Er starb, 90 Jahre alt, 1723 in seiner Geburtsstadt."

wieder, und im Ganzen machen alle seine zahlreichen Mittheilungen gegenüber der geschmackvollen Klarheit Malpighi's und der systematischen Gründlichkeit Grew's einen peinlichen Eindruck von Zerfahrenheit und Dilettantenthum. Auch halten seine Abbildungen, die er nicht selbst machte, den Vergleich mit denen seiner großen Zeitgenossen, einzelne Ausnahmen abgerechnet, nicht aus.

Zweites Capitel.

Die Phytotomie im 18. Jahrhundert.

In Italien hatte Malpighi keinen nennenswerthen Nachfolger, in England war mit Hooke und Grew das neue Licht ebenfalls erloschen, man möchte fast sagen, bis auf den heutigen Tag; auch in Holland fand Leeuwenhoek keinen ebenbürtigen Nachfolger und was bis zum Beginn des siebenten Decenniums des vorigen Jahrhunderts in Deutschland geleistet wurde, ist kläglicher, als man sich irgend vorstellen kann. Phytotomische Forschung gab es in den ersten 50—60 Jahren des Jahrhunderts überhaupt nicht; was man über die Struktur der Pflanzen zu berichten hatte, wurde aus Grew, Malpighi und Leeuwenhoek entnommen, und da es von Personen geschah, die selbst nicht beobachten konnten, so verstanden sie ihre Autoren nicht, und berichteten Dinge, die jenen ganz fremd waren. Mit besonderer Vorliebe conservirte man die schwächeren und unklaren Ansichten derselben und besonders war es die complicirte Vorstellung Grew's vom gewebeartigen Bau der Zellwandungen, die großen Eindruck auf die Berichterstatter machte. Dieser Zustand der Verkommenheit darf nicht allein den mangelhaften Mikroskopen zugeschrieben werden; sie waren allerdings nicht gut, noch viel weniger bequem eingerichtet; aber man sah und beschrieb nicht einmal das deutlich, was mit unbewaffnetem Auge oder mit sehr schwachen Vergrößerungen beobachtet werden kann; das Uebelste war, daß man sich das wenige Selbstgesehene und das in den älteren Werken Gesagte, nicht klar zu machen suchte, sondern sich gedankenlos mit ganz verschwommenen Vor-

stellungen vom inneren Bau der Pflanzen begnügte. Es ist nicht leicht, die Ursachen dieses Verfalls der Phytotomie in den ersten sechs bis sieben Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts aufzufinden; eine der wichtigsten scheint mir jedoch darin zu liegen, daß man, wie schon Malpighi und Grew gethan hatten, bei der anatomischen Untersuchung nicht die Kenntniß des inneren Baues allein als Ziel verfolgte, sondern vorwiegend die Erklärung physiologischer Vorgänge dadurch zu erreichen suchte. Die Ernährung und Saftbewegung der Pflanzen trat immer mehr in den Vordergrund und Hales zeigte, wie viel sich in dieser Richtung auch ohne mikroskopische Untersuchung leisten läßt; das Interesse concentrirte sich daher bei den Wenigen, die überhaupt mit Pflanzenphysiologie sich beschäftigten, wie Bonnet und Du Hamel auf die experimentelle Behandlung derselben. Zudem wurden andere, die mit dem Mikroskop umzugehen wußten, wie der Freiherr von Gleichen-Rußworm und Koelreuter durch ihr Interesse an den Befruchtungsvorgängen, überhaupt an den Fortpflanzungsverhältnissen von der Untersuchung der Structur der Vegetationsorgane abgezogen. Die eigentlichen Botaniker im Sinne jener Zeit, zumal diejenigen, welche sich der Linné'schen Schule anschloßen, betrachteten physiologische und anatomische Untersuchungen überhaupt als Nebensache, wenn nicht gar als bloße Spielerei, mit welcher ein ernsthafter Pflanzensammler sich nicht zu befassen brauche. Daß Linné selbst von mikroskopischer Pflanzenanatomie Nichts hielt, geht aus dem im ersten Buch über ihn Gesagten zur Genüge hervor.

Es würde die Mühe nicht lohnen, die nicht einmal zahlreichen, kleinen Abhandlungen, welche bis gegen 1760 erschienen, im Einzelnen vorzuführen, da sie absolut nichts Neues bieten; doch soll an einigen Beispielen das im Allgemeinen über den damaligen Zustand der Phytotomie Gesagte erläutert werden.

Zunächst begegnen wir hier einem Schriftsteller, den nur Wenige unter den Phytotomen erwarten werden; es ist der bekannte Philosoph Christian Freiherr v. Wolff, der in seinen beiden Werken: „Vernünftige Gedanken von den Wirkungen der

Natur" (Magdeburg 1723) und „Allerhand nützliche Versuche" (Halle 1721) sich wiederholt mit der Beschreibung von Mikroskopen und mit phytotomischen Dingen beschäftigte; vorwiegend in dem zuletzt genannten Werk, wo er ein zusammengesetztes Mikroskop mit Sammellinse zwischen Objectiv und Ocular beschreibt, dem jedoch der Beleuchtungsspiegel fehlte; es diente also zur Beobachtung bei Oberlicht auf undurchsichtiger Unterlage; das Objectiv war eine einfache Linse. Für stärker vergrößernde Objekte, sagt Wolff indessen, benutze er statt dieses zusammensetzten Mikroskopes lieber ein einfaches, was damals überhaupt gewöhnlicher im Gebrauch war. Als ächter Dilettant unterwarf Wolff seinem Mikroskope allerlei kleine und feine Dinge, ohne irgend eines derselben consequent und mit Ausdauer zu untersuchen. Auch ist seine phytotomische Ausbeute sehr gering. Er erkannte z. B., daß das Stärkemehl (Puder) aus Kügelchen besteht, glaubte aber aus der Lichtbrechung derselben schließen zu müssen, es seien mit Flüssigkeit erfüllte Bläschen; doch überzeugte er sich, daß diese Körnchen schon im Roggenkorn enthalten sind, also nicht erst bei dem Mahlen desselben entstehen. Dünne Schnitte von Pflanzentheilen legte er auf Glas, und zwar auf matt geschliffenes Glas, wobei er natürlich Nichts deutlich sehen konnte. Noch viel ungeschickter griff sein Schüler Thümmig (Melethemata 1736) die Sache an. Gerade bei diesen beiden zeigt sich recht deutlich, daß der geringe Erfolg weit weniger durch die Unvollkommenheit ihrer Mikroskope, als durch die Ungeschicklichkeit in der Handhabung derselben und durch die unzweckmäßige Präparation bedingt wurde. Wolff und Thümmig aber bemühten sich doch wenigstens, selbst Etwas von der Structur der Pflanzen zu sehen; ein damals berühmter Botaniker dagegen, Ludwig, hatte einen derartigen Versuch offenbar nicht gemacht, denn in seinen Institutiones regni vegetabilis 1742 äußert er sich über den inneren Bau der Pflanze folgendermaßen: „Platten oder membranöse Häutchen, so unter sich verbunden, daß sie kleine Höhlungen oder Zellchen bilden, und nicht selten durch Zwischenkunft von feinen Fäden netzartig disponirt werden,

bilden das Zellengewebe, welches wir durch alle Theile der Pflanze verbreitet wahrnehmen. Dieses ist es, was Malpighi u. a. Schläuche nennen, insofern es in verschiedenen Theilen in Form von Bläschenreihen, die mit einander verbunden sind, erscheint! Noch schlimmer sieht es in Boehmer's dissertatio de celluloso contextu 1785 aus: „Weiße, elastische, bald dickere bald dünnere Fibern und Fäden unter sich verwebt, von verschiedener Figur und Größe bilden Höhlungen oder Zellen oder Cavernen und pflegen mit dem Namen Zellgewebe bezeichnet zu werden.“ Man sieht, welches Unglück Grew mit seiner Theorie vom faserigen Bau der Zellwände angerichtet hatte und wie der Ausdruck „Zellgewebe“ wörtlich genommen, die hier genannten Botaniker u. a. zu ganz unrichtigen Vorstellungen verführte. Daß es aber nicht nur in Deutschland bis zu solchen Mißverständnissen kam, zeigen Du Hamel's, Comparetti's, Senebier's Werke und sogar Hill, ein Landsmann Grew's, dachte sich die Zellen, wie Mohl berichtet, unter der Gestalt von über einander stehenden, unten geschlossenen, oben offenen Bechern.

Freiherr v. Gleichen-Rußworm (markgräfl. anspachscher geheimer Rath geb. 1717, gest. 1783) beschäftigte sich viel mit der Vervollkommnung der äußeren mechanischen Einrichtung der Mikroskope, von deren außerordentlichen Unzweckmäßigkeit schon seine Kupfertafeln die überraschendste Einsicht gewähren. Er machte mit diesen Instrumenten sehr zahlreiche Beobachtungen, die er in zwei umfangreichen Werken („das Neueste aus dem Reich der Pflanzen“ 1764 und „Auserlesene mikroskopische Entdeckungen“ 1777—81) niederlegte. In beiden ist aber von der mikroskopischen Anatomie, vom Zellenbau der Pflanze wenig oder gar nicht die Rede. Seine mikroskopischen Beobachtungen sind vorwiegend den Befruchtungsvorgängen gewidmet und dem Beweis, daß im Pollen Spermatozoen enthalten sind.[1]) Dabei findet er aber Veranlassung, sehr zahlreiche kleinere Blüthen vergrößert und zum Theil recht schön abzubilden, in welcher Be-

[1]) Wir kommen in der Geschichte der Sexualtheorie darauf zurück.

ziehung seine Werke zu ihrer Zeit Vielen gewiß sehr lehrreich gewesen sein müssen. Die Spaltöffnungen, welche übrigens Grew bereits entdeckt hatte, sah er an den Blättern der Farnkräuter, hielt sie aber für die männlichen Befruchtungsorgane derselben, was zugleich zeigte, daß ihm die Existenz dieser Organe bei den Phanerogamen unbekannt blieb.

Ganz vereinsamt unter seinen Zeitgenossen steht **Caspar Friedrich Wolff** [1]) mit seinen phytotomischen Bestrebungen da, nicht nur insofern er seit Malpighi und Grew wieder der Erste und Einzige war, welcher der Anatomie der Pflanzen Arbeit und consequente Ausdauer zuwandte, sondern noch mehr deßhalb, weil er zu einer Zeit, wo selbst die Struktur der fertigen Pflanzenorgane beinahe in Vergessenheit gerathen war, die Entwicklungsgeschichte dieser Struktur, die Entstehung des Zellgewebes zu ergründen suchte. Leider war es nicht ausschließlich ein phytotomisches Interesse, welches ihn dabei leitete, sondern eine allgemeinere Frage, welche er auf diesem Wege zu erledigen suchte; er wollte durch den Nachweis der Entwicklung der Pflanzenorgane die damals herrschende Evolutionstheorie widerlegen und für seine Lehre von der Epigenesis induktive Fundamente gewinnen. Obgleich auf diese Weise von der

---

[1]) C. F. Wolff wurde 1733 zu Berlin geboren; seine Studien, die theilweise in die Zeit des siebenjährigen Kriegs fielen, begann er 1753 am dortigen Collegium medico-chirurgicum; bei Meckel trieb er Anatomie, bei Gleditsch Botanik; später bezog er die Universität Halle, wo er Leibnitz-Wolff'sche Philosophie studirte, die in seiner Dissertation, der theoria generationis (1759) allzusehr überwiegt. Haller, Vertreter der Evolutionstheorie, gegen welche diese Schrift auftrat, würdigte dieselbe einer wohlwollenden Kritik und trat mit ihrem jugendlichen Verfasser in Briefwechsel. — In Breslau hielt Wolff medicinische Lehrvorträge im Lazareth; 1762 erhielt er die Erlaubniß am Collegium medico chirurgicum zu Berlin Physiologie u. a. zu lesen; bei der Besetzung zweier Professuren an dieser Anstalt wurde er jedoch übergangen; die Kaiserin Katharina II. berief ihn 1766 an die Petersburger-Akademie; er starb daselbst 1794. (vergl. Alf. Kirchhoffs: „Idee der Pflanzenmetamorphose“ Berlin 1867.)

Verfolgung der rein phytotomischen Fragen vielfach abgelenkt, ist seine berühmte Schrift, Theoria generationis 1759, doch von großer Bedeutung für die Geschichte der Phytotomie [1]); denn, wenn dieselbe auch in den nächsten vierzig Jahren bei den Botanikern unbeachtet blieb oder doch keinen nennenswerthen Einfluß ausübte, so war es doch Wolff's Lehre von der Entstehung der Zellenstruktur der Pflanzen, welche am Anfang unseres Jahrhunderts von Mirbel in der Hauptsache wieder aufgenommen wurde, und der Widerspruch, den dieß hervorrief, hat wesentlich zum Fortschritt der Phytotomie beigetragen. Was der Schrift Caspar Friedrich Wolff's eine so späte, aber nachhaltige Wirkung sicherte, war übrigens nicht die thatsächliche Richtigkeit seiner Beobachtungen, sondern der Gedankenreichthum derselben und das Streben, das wahre Wesen der zelligen Pflanzenstruktur zu ergründen, es auf physikalischem und philosophischem Wege zu erklären. Wolff's Beobachtungen selbst, soweit sie den Zellenbau der Pflanzen betreffen, sind höchst ungenau, von vorgefaßten Meinungen beeinflußt, seine Darstellung getrübt, oft unleidlich gemacht durch die Sucht, das ungenau Gesehene sofort philosophisch deuten und erklären zu wollen. Seine entwicklungsgeschichtlichen Bestrebungen, soweit sie die Entstehung des Zellgewebes betreffen, leiden an dem großen Mangel, daß Wolff die Struktur der ausgebildeten Organe offenbar nicht hinreichend kannte und es scheint, nach seinen Abbildungen und theoretischen Erwägungen zu schließen, daß sein Mikroskop nicht hinreichend vergrößerte und wohl auch keine scharfen Bilder gab. Trotz all dieser Mängel ist die genannte Schrift in dem ganzen Zeitraum zwischen Grew und Mirbel ohne Zweifel das Bedeutendste auf dem Gebiet der Phytotomie und zwar, wie schon angedeutet wurde, nicht wegen der besonderen Güte der Beobachtung, sondern weil Wolff aus seinen Beobachtungen Etwas zu machen wußte, die bloß sinnlichen Wahrnehmungen zur Grundlage einer Theorie benutzte.

---

[1]) Ich benutze die lateinische Ausgabe von 1774.

Nach Wolff's Theorie bestehen alle jüngsten Pflanzentheile, der von ihm aufgefundene Vegetationspunct des Stengels, die jüngsten Blätter und Blüthentheile ursprünglich aus einer durchsichtigen gallertartigen Substanz; diese ist von Nahrungssaft durchtränkt, der sich in Form von Anfangs sehr kleinen Tröpfchen (wir könnten sagen Vacuolen) ausscheidet, welche indem sie nach und nach an Umfang gewinnen, die Zwischensubstanz ausdehnen und so die erweiterten Zellräume darstellen. Die Zwischensubstanz entspricht also dem, was wir jetzt die Zellwände nennen, nur sind diese anfangs viel dicker und werden durch das Wachsthum der Zellräume immer dünner. Man könnte sich also ein junges Pflanzengewebe im Sinne Wolff's etwa so entstanden denken, wie die Porosität eines gährenden Brodteiges, nur daß die Poren nicht mit Gas, sondern mit Flüssigkeit erfüllt sind. Es geht aus dem Gesagten zugleich hervor, daß die Bläschen oder Poren, wie Wolff die Zellen nennt, von vorneherein unter sich durch die Zwischensubstanz verbunden sind, daß zwischen je zwei benachbarten Zellhöhlen nur *eine* Lamelle oder Zellhaut liegt, ein Punct, über den die späteren Phytotomen sehr langsam in's Reine gekommen sind. Wie die Zellen durch Ausscheidung von Safttropfen in der Anfangs homogenen Grundsubstanz entstehen, so werden nach Wolff die Gefäße dadurch erzeugt, daß ein Tropfen in jener Gallerte sich der Länge nach fortbewegt und so einen Canal bildet; dem entsprechend müssen natürlich auch die benachbarten Gefäße durch einfache Lamellen der Grundsubstanz von einander getrennt sein. Obgleich Wolff die Bewegung des Nahrungssaftes innerhalb der soliden galertartigen Grundsubstanz zwischen den Zellhöhlen und Gefäßkanälen ausdrücklich betont, also eine Bewegung annimmt, die wir als eine Diffusionsströmung bezeichnen können, hält er es doch mit auffallender Inconsequenz für nöthig, zum Zweck der Saftbewegung von Zelle zu Zelle, von Gefäß zu Gefäß, in den Zwischenwandungen derselben Löcher anzunehmen, obgleich er in dem einzigen Fall, wo ihm die Isolirung von Zellen gelang, in reifen Früchten nämlich, die Wandungen als geschlossen gelten lassen mußte.

Das Wachsthum der Pflanzentheile wird nach Wolff durch Ausdehnung der schon vorhandenen Zellen und Gefäße sowie durch Entstehung neuer zwischen den schon vorhandenen bewirkt; die Einschiebung neuer Elemente geschieht in derselben Weise, wie die Bildung jener Vacuolen in der galertartigen Grundsubstanz der jüngsten Organe. In der soliden Zwischensubstanz zwischen den Gängen und Höhlen des Gewebes scheidet sich nämlich der sie durchtränkende Nahrungssaft in Form von heranwachsenden Tröpfchen aus, die nun ihrerseits als zwischen die vorigen eingeschaltete Zellen und Gefäße sich darstellen. Die Anfangs weiche und dehnsame Substanz zwischen den Gängen und Höhlen wird mit zunehmendem Alter fester und härter und zugleich kann sich aus dem in den Zellhöhlen stagnirenden, in den Gefäßgängen fließenden Safte eine erhärtende Substanz ablagern, welche nun in manchen Fällen als eigene Haut derselben erscheint.

Das ist im Wesentlichen die Theorie Wolff's. Mit Uebergehung seiner Angaben über die erste Entstehung der Blätter am Vegetationspunct und über die Entwicklung der Blüthentheile, sowie seiner physiologischen Ansichten über die Ernährung und Sexualtität, welche zunächst auf die geschichtliche Entwicklung der darauf bezüglichen Lehren noch lange ohne Einfluß blieben, will ich hier nur noch seine Meinung über das Dickenwachsthum des Stammes anführen. Dieser sei ursprünglich die Fortsetzung aller unter sich verbundenen Blattstiele. Soviele Blätter aus der Oberfläche der Vegetationsaxe hervorbrechen, ebenso viele Bündel von Gefäßen finde man im herangewachsenen Stamm; jedes Blatt habe in diesem einen einzelnen ihm gehörigen Gefäßstrang (also das, was wir jetzt eine innere Blutspur nennen). Alle diese den verschiedenen Blättern angehörigen Stränge zusammen, bilden die Rinde des Stammes; sind die Blätter aber sehr zahlreich, so bilden ihre hinablaufenden Bündel einen geschlossenen Cylinder und wenn der Stamm perennirt, so werden in Folge der jährlichen Neuproduction von Blättern auch jährlich neue derartige Holzzonen, also die Jahresringe gebildet. Es ist nicht zu übersehen, daß diese Ansicht Wolff's vom Dickenwachsthum der

Stämme eine unverkennbare Aehnlichkeit mit der später von Du Petit-Thouars aufgestellten Theorie darbietet, nach welcher die von den Knospen abwärts steigenden Wurzeln die Dickenzunahme des Stammes bewirken sollten.

Wir kommen später bei den Streitigkeiten zwischen Mirbel und seinen deutschen Gegnern am Anfang unseres Jahrhunderts auf die wichtigeren Puncte von Wolff's Zellentheorie zurück. Mehr Beachtung als Wolff's theoria generationis fanden bei den zeitgenössischen Botanikern Hedwigs [1]) phytotomische Ansichten, die sich nicht mit der Entstehung, sondern mit der Struktur des fertig ausgebildeten Zellenbaues befassen. Hedwig hatte schon in seinem Fundamentum historiae muscorum 1782, dann in der Theoria generationis 1784 verschiedene Abbildungen und Beschreibungen phytotomischer Dinge gegeben; Ausführlicheres darüber enthält aber seine 1789 herausgegebene Schrift de fibrae vegetabilis et animalis ortu, welche mir unzugänglich geblieben und nur durch Citate späterer Schriftsteller einigermaßen bekannt geworden ist. Die mir bekannten Abbildungen Hedwig's sind, soweit sie histologische Objekte betreffen, besser als die aller seiner Vorgänger; sie zeigen, daß er nicht nur starke Vergrößerungen, sondern auch ein Mikroskop mit klarem Gesichtsfeld benutzte. Bei ihm lag der Fehler in vorgefaßten Meinungen, in übereilter Deutung des Gesehenen. Er hatte, um Gleichen's Ansicht betreffs der Spaltöffnungen der Farnkräuter zu widerlegen, die-

[1]) Johannes Hedwig, der Begründer der wissenschaftlichen Mooskunde, wurde 1730 zu Kronstadt in Siebenbürgen geboren. Nach Beendigung seiner Studien in Leipzig kehrte er in seine Vaterstadt zurück, wo er jedoch, weil nicht in Oesterreich promovirt, zur ärztlichen Praxis nicht zugelassen wurde. Er kehrte daher nach Sachsen zurück und ließ sich als Arzt in Chemnitz nieder, von wo er 1781 nach Leipzig übersiedelte; hier wurde er 1784 am Militärspital angestellt, 1786 wurde er außerordentlicher Professor der Medizin, 1789 aber Ordinarius der Botanik. Er starb 1799. — Seine botanischen Studien, die er bereits als Student angefangen, setzte er auch unter schwierigen Verhältnissen in Chemnitz fort, bis er sich ihnen als Professor frei widmen konnte.

selben Organe auch bei zahlreichen phanerogamischen Pflanzen nachgewiesen, dabei die Oeffnung der Spalte erkannt und sie spiracula genannt. Auf der zum Zweck dieser Beobachtungen abgezogenen Epidermis sah er deutlich die doppelt contourirten Abgränzungen der Epidermiszellen, also diejenigen Zellwände, welche auf der Oberfläche senkrecht stehen. Diese hielt nun Hedwig für eine besondere Form von Gefäßen, die er als vasa reducentia oder lymphatica, später sogar vasa exhalantia bezeichnete und zugleich im Inneren des parenchymatischen Gewebes wieder zu finden glaubte, indem er offenbar die Stellen, wo je drei Wandflächen zusammenstoßen, für Gefäße hielt, mit denen er noch dazu die von dem älteren Moldenhawer (1779) beschriebenen Milchzellen von Asclepias verwechselte; jener scheint aber selbst schon die Interzellularräume im Mark der Rose für gleichbedeutend mit diesen Milchzellen gehalten zu haben. Mit dem Ausdruck Gefäß verband man eben im 18. Jahrhundert eine ganz in's Unbestimmte verschwimmende Vorstellung, welche ebensowohl die weiten Luftröhren des Holzes, wie die feinsten Fäserchen für Gefäße gelten ließ. Hedwig's Vorstellung vom Bau der Spiralgefäße war sonderbar genug. Für ihn war das Spiralband selbst als solches das Spiralgefäß; dabei hielt er jenes für hohl, weil es sich durch Aufnahme farbiger Flüssigkeiten färbt; bei den Spiralgefäßen mit entfernten Windungen des Schraubenbandes sah er zwar die zwischen den Windungen liegende, feine ursprüngliche Haut, er nahm jedoch an, daß diese innerhalb des Spiralbands liege, von demselben also äußerlich umwunden werde. Auf Tafel II des ersten Theils der Historia muscorum bildet er sogar das Leistennetz ab, welches die benachbarten Zellen an der Wand des Spiralgefäßes zurückgelassen haben, erklärt dasselbe jedoch für durch Austrocknung entstandene Falten.

Hedwig war ohne Zweifel ein sehr geübter Mikroskopiker und er empfahl überall die äußerste Behutsamkeit bei der Deutung der mikroskopischen Bilder. Wenn aber ein Beobachter von solcher Sorgfalt und Uebung, wie er, der noch dazu mit einem

ziemlich stark vergrößernden Mikroskop versehen war, in so grobe Irrthümer verfiel, so kann es nicht überraschen, wenn Andere wie P. Schrank, Medicus, Brunn, Senebier noch weniger zu Tage förderten.

Mit diesen höchst unbedeutenden Leistungen schließt das 18. Jahrhundert.

Drittes Capitel.

Untersuchung des fertigen Zellhautgerüstes der Pflanzen.

1800 — 1840.

Eine scharfe Grenze zwischen dem vorigen und diesem Zeitraum findet sich nicht; die Beobachtungen der jetzt auftretenden Phytotomen sind anfangs kaum besser als die Hedwig's und Wolff's; sorgfältige Kritik des Selbstgesehenen und der Literatur sind in den ersten Jahren noch vielfach zu vermissen und vorgefaßte Meinungen verdarben den Beobachtern oft das Urtheil über das Gesehene.

In Einer Beziehung aber tritt mit dem Beginn des neuen Jahrhunderts plötzlich eine auffallende Besserung ein; die Zahl der gleichzeitig arbeitenden, einander kontrolirenden und kritisirenden Phytotomen ist plötzlich eine größere geworden. Im vorigen Jahrhundert lag zwischen je zwei phytotomischen Arbeiten ein Decennium oder gar eine Reihe von solchen: mit dem Beginn des 19. Jahrhunderts dagegen treten verschiedene Phytotomen gleichzeitig auf. Im Lauf der ersten zwölf Jahre sehen wir fast ein Dutzend phytotomischer Werke auf einander folgen, ein wissenschaftlicher Wettstreit belebt die Forschung. Zum ersten Mal ist es ein Franzose, dem wir auf dem Felde der Phytotomie begegnen, Brisseau Mirbel, der 1802 mit seinem Traité d'anatomie et de physiologie végétale hervortritt und eine Reihe von phytotomischen Fragen eröffnet, an deren Bearbeitung und Widerlegung sich unmittelbar darauf mehrere deutsche Botaniker betheiligen: Kurt Sprengel 1802, Bernhardi 1805, Treviranus 1806, Link und Rudolphi 1807. Auch

darin lag ein Fortschritt, der die ganze Pflanzenkunde betraf, daß abgesehen von Rudolphi, alle diese Männer, ebenso wie vorher Hedwig, Botaniker von Fach waren; die Ueberzeugung brach sich endlich Bahn, daß neben der Pflanzenbeschreibung nach dem Linné'schen Schematismus doch auch die Untersuchung der innern Struktur mit in das Bereich der botanischen Forschung gehöre; und nicht zu verkennen ist anderseits, daß die botanischen Kenntnisse dieser Männer ihren phytotomischen Forschungen vielfach Vorschub leisteten, ihrer Arbeit sofort eine bestimmtere Richtung auf das wirklich Wissenswerthe und auf das zunächst anzustrebende Ziel gaben. In noch höheren Grade, als von den eben Genannten, gilt dies von dem jüngeren Moldenhawer, der durch seine 1812 herausgegebenen Beiträge den ersten Abschnitt dieses Zeitraums gewissermaßen zu einem vorläufigen Abschluß brachte, indem er die Beobachtungsmethoden vervollkommnete, eine kritisch vergleichende Behandlung des Selbstgesehenen und der Literatur mit großer Schärfe durchführte, überhaupt mit den Mikroskopen jener Zeit Alles leistete, was irgend erwartet werden darf.

Auf Moldenhawer folgt nun aber ein für uns leerer Zeitraum von ungefähr 16 Jahren (1812—1828), in welchem Nichts von erheblicher Bedeutung auf dem anatomischen Gebiet geleistet wurde. Dagegen fällt in diesen Zeitraum eine Reihe der wichtigsten Verbesserungen, welche das zusamengesetzte Mikroskop seit seiner Erfindung erfahren hat.

Schon 1784 hatte Aepinus Objektivlinsen aus Flint- und Kronglas hergestellt, schon 1807 van Deyl[1]) solche mit zwei achromatischen Linsen konstruirt, was jedoch nicht ausschloß, daß die Phytotomen auch später noch über den Zustand des Instruments Klage führten; ihre Abbildungen zeigen, wie wenig klar sie mit ihren Instrumenten zu sehen vermochten und doch waren die Vergrößerungen unbedeutend; Link sagt ausdrücklich in der Vorrede zu seiner Preisschrift 1807, daß er gewöhnlich

[1]) Vergl. P. Harting „das Mikroskop" § 433 und 434.

mit einer 180maligen Vergrößerung beobachte und Moldenhawer schreibt 1812 unter allen von ihm benutzten Mikroskopen einem von Wright, welches sogar bei 400maliger Vergrößerung noch brauchbar sei, den Vorzug vor allen übrigen zu, während die deutschen Instrumente, zumal die Weickert'schen schon bei 170—300maliger Vergrößerung unbrauchbar seien.

Es verging jedes Mal einige Zeit zwischen der Verbesserung des Mikroskops und dem Hervortreten der Vortheile, welche die Phytotomie davon zog; so zeigte schon 1824 Selligue der Pariser Akademie ein vortreffliches Mikroskop mir Doppellinsen; deren mehrere über einander geschraubt werden konnten und welches mit gewöhnlichem Tageslicht noch bei 500 maliger Vergrößerung brauchbar war; so konstruirte schon 1827 Amici die ersten achromatischen und aplanatischen Objektive mit drei übereinander geschraubten Doppellinsen, deren flache Seite dem Objekt zugekehrt war. Und doch äußerte sich noch 1836 ein so geübter Phytotom wie Meyen abfällig über die Instrumente seiner Zeit und auch er gab einem alten englischen Mikroskop von James Man den Vorzug; doch räumte er ein, daß die neuesten Ploessl'schen Instrumente noch etwas besser seien. In seiner 1830 erschienenen Phytotomie sagt Meyen, alle Bilder derselben seien nach 220maliger Vergrößerung gemacht, dasselbe gilt noch von den sehr schönen Bildern in seiner 1836 erschienenen Teyler'schen Preisschrift; im „Neuen System" von 1837 dagegen benutzte Meyen bereits Vergrößerungen bis über 500. Wie rasch der Forschritt in den Jahren vor und nach 1830 war, zeigt die Vergleichung von Mohl's Werk über die Schlingpflanzen 1827, wo die Bilder noch ganz alterthümlich aussehen, mit seinen 1831 und 1833 erschienenen Arbeiten, deren Bilder einen ganz modernen Eindruck machen.

Mit der Vervollkommnung der Mikroskope nahm auch die Kunst des Präparirens der anatomischen Objekte nach und nach einen höheren Aufschwung. Im Anfang des Jahrhunderts war diese Kunst, wie man aus den Aeußerungen der Schriftsteller und ihren Abbildungen schließen darf, noch sehr wenig ausgebildet. Es konnte

schon als ein großer Fortschritt gelten, daß der jüngere Moldenhawer 1812 die Zellen durch Maceration in Wasser (durch Fäulniß) isolirte und so das Mittel gewann, Zellen und Gefäße allseitig und in unverletztem Zustand zu betrachten, sie in ihrer wahren Gestalt zu sehen, und aus dieser zugleich die Art ihrer Zusammenlagerung genauer als bisher zu übersehen. Doch selbst Moldenhawer machte sich noch nicht ganz frei von dem Fehler, zarte, mikroskopische Objekte in trockenem Zustand zur Beobachtung zu verwenden, obgleich schon Rudolphi und Link 1807 darauf gedrungen hatten, daß man die Präparate allseitig feucht erhalte, zumal auch auf ihrer dem Objektiv zugekehrten Oberfläche, woraus zugleich ersichtlich ist, daß man sich damals des Deckglases noch nicht bediente. Die Benutzung sehr scharfer Messer von geeigneter Form, als welche man gegenwärtig fast ausschließlich das Rasirmesser betrachtet, und die Herstellung möglichst feiner, glatter Quer- und Längsschnitte, wurde jedenfalls noch nicht mit der Aufmerksamkeit und Uebung behandelt, welche später Meyen und Mohl als unentbehrliche Hülfsmittel der Phytotomie zur Geltung brachten; selbst zu ihrer Zeit half man sich gerne noch mit dem Zerfasern und Zerquetschen der Präparate.

Mit der zunehmenden Uebung in der Präparation und der Vervollkommnung der Mikroskope hielt im Ganzen auch die Herstellung mikroskopischer Zeichnungen gleichen Schritt. Vergleicht man die Bilder vom Anfange des Jahrhunderts bei Mirbel und Kurt Sprengel, bei Link und Treviranus (1807), ferner bei Moldenhawer (1812), Meyen, Mohl (1827 bis 1840), so gewinnt man einen ebenso lehrreichen als raschen Ueberblick über die Geschichte der Phytotomie in diesem Zeitraum von vierzig Jahren. Die Bilder zeigen uns nicht nur die fortschreitende Zunahme der Vergrößerung und Deutlichkeit der Gesichtsfelder, sondern noch mehr die fortschreitende Sorgfalt in der Präparation und in der Betrachtung der Objekte. Doch schlich sich vielfach in jener Zeit eine sonderbare Verirrung bei den Phytotomen ein: man glaubte

richtigere und zuverlässigere Abbildungen zu gewinnen, wenn nicht der Beobachter und Schriftsteller selbst sie herstellte, sondern wenn er dazu fremde Augen und Hände benutzte, indem man sich dabei dem ganz unbegründeten Vorurtheil hingab, daß auf diese Weise jede Art von Vorurtheil und vorgefaßter Meinung bei der Herstellung der Bilder ausgeschlossen werde. So ließ nicht nur Mirbel, sondern auch Moldenhawer seine phytotomischen Bilder von einer Frau zeichnen, und auch später noch überließen manche Phytotomen die Herstellung ihrer Zeichnungen wie es früher Leeuwenhoek gethan hattte, angestellten Zeichnern. Eine mikroskopische Zeichnung, wie überhaupt jede naturwissenschaftliche Abbildung, kann aber gar nicht den Anspruch erheben, das Objekt selbst zu ersetzen, vielmehr soll sie mit aller Deutlichkeit genau das wiedergeben, was der Beobachter wahrgenommen hat und insoferne die Beschreibung in Worten unterstützen. Die Zeichnung wird um so vollkommener sein, je geübter das beobachtende Auge und der die Formen zurecht legende Verstand ist. Die Abbildung soll dem Leser Nichts anderes zeigen, als was durch den Geist des Beobachters hindurchgegangen ist, denn nur so dient sie zur gegenseitigen Verständigung; die Sache aber hat auch noch eine andere Bedeutung; gerade während des Zeichnens eines mikroskopischen Objektes ist das Auge genöthigt, auf den einzelnen Linien und Puncten zu verweilen, ihren wahren Zusammenhang nach allen Dimensionen des Raumes aufzufassen; es werden dabei sehr häufig erst Verhältnisse wahrgenommen, welche vorher selbst bei sorgfältiger Beobachtung unbeachtet blieben, für die zu untersuchende Frage jedoch entscheidend sein oder sogar neue Fragen eröffnen können. So wie das Auge erst durch das Mikroskop zu wissenschaftlichem Sehen dressirt wird, so wird erst durch sorgfältiges Zeichnen der Objekte das geschulte Auge zu einem wachsamen Rathgeber des forschenden Verstandes; dieser letzte Vortheil aber geht dem, der seine Zeichnungen von fremder Hand herstellen läßt, durchaus verloren. Es gehört nicht zu den kleinsten Verdiensten Mohl's, daß er zuerst das mikroskopische Zeichnen ganz in dem hier angedeuteten Sinne betrieb, in seinen

Zeichnungen nicht unverdaute Copieen der Objekte, sondern vielmehr seine eigenen Ansichten von den Objecten ausdrücken wollte.

Nach dem bisher Gesagten leuchtet bereits ein, daß zwischen dem Anfang und dem Ende des hier betrachteten Zeitraums ein wichtiges Stück der Geschichte der Phytotomie liegt. Der Abstand zwischen dem, was am Anfang des Jahrhunderts über die Struktur des vegetabilischen Zellenbaues bekannt war und dem, was Meyen und Mohl um 1840 wußten, ist außerordentlich groß; dort ganz unsicheres Herumtappen in unklaren Vorstellungen, hier bereits eine vollständige Orientirung in der inneren Architektur der fertigen Pflanze. Trotz dieses großen Abstandes zwischen Anfang und Ende empfiehlt es sich doch, die Bestrebungen dieses Zeitraums von vierzig Jahren als einen in sich zusammenhängenden historischen Entwicklungsprozeß zu betrachten und trotz der Unterbrechung, welche zwischen dem Erscheinen von Moldenhawer's Beiträgen um 1812 und den Arbeiten Meyen's und Mohl's um 1840 liegt, die Arbeiten dieser letzteren als den Abschluß der am Anfang des Jahrhunderts aufgenommenen Fragen zu betrachten. Und zwar um so mehr, als mit dem Beginn der vierziger Jahre, mit dem Auftreten Schleiden's und Naegeli's, plötzlich ganz neue Gesichtspuncte zur Geltung kamen, ganz andere Ziele der phytotomischen Forschung hingestellt wurden; an dieser Auffassung hindert es nicht, daß der reichhaltigste Theil von Mohl's Thätigkeit erst in die nächsten zwanzig Jahre fällt, denn in dieser späteren Zeit geht Mohl's Bedeutung nur noch als gleichberechtigt und theilnehmend an der neuen Richtung her; bis zur Mitte der vierziger Jahre dagegen gipfelte die ganze frühere Phytotomie in Mohl's Leistungen; was Mirbel, Link, Treviranus, Moldenhawer früher angeregt hatten, fand seinen Abschluß in Mohl's Arbeiten bis 1840. Vor Allem handelte es sich während dieses ganzen Zeitraums fast ausschließlich darum, ein möglichst naturgetreues Schema von der inneren Struktur der fertigen Pflanzenorgane zu gewinnen; es kam darauf an, die verschiedenen Zellen und

Gewebeformen in ihrer Verschiedenheit richtig aufzufassen und zu klassificiren, sie mit Namen zu belegen, für diese Namen wohldefinirte Begriffe zu gewinnen. Dabei kam fast ausschließlich nur die Configuration des festen Zellhautgerüstes, und zwar vorwiegend im fertigen Zustand desselben in Betracht: die Form der einzelnen Elementarorgane, ihre Zusammenlagerung, die Skulptur der Wandflächen, die Verbindung der Zellräume durch Poren oder ihre Trennung durch geschlossene Wände. Soviel man auch, zumal Anfangs, über den Inhalt der Gefäße und Zellen sprach, wie sehr man sich auch zum Zweck der anatomischen Erörterung mit hypothetischen Bewegungen des Nahrungssaftes befaßte, kam es doch in diesem Zeitraum noch nicht zu einer sorgfältigen, zusammenhängenden Untersuchung des Zellinhaltes; es wurde noch nicht erkannt, daß der wahre lebendige Leib der Pflanzenzelle nur ein bestimmter Theil des von der Zellwand umschlossenen Inhaltes ist; als das Primäre und Wichtige im Zellenbau der Pflanze galten damals die festen Wandungen, das Gerüste des ganzen Aufbaues; erst in dem folgenden Zeitraum trat mit der entwicklungsgeschichtlichen Auffassung auch die Ansicht in den Vordergrund, daß das feste Zellhautgerüst des Pflanzengewebes bei aller Wichtigkeit, die demselben zukommt, doch im genetischen Sinne nur ein sekundäres Produkt der vegetativen Lebenserscheinungen ist, daß der eigentliche Zellenleib der Protoplasmakörper der Zelle, eine ursprünglichere, zeitlich und begrifflich hervorragendere Bedeutung, dem festen Zellhautgerüst gegenüber, in Anspruch nehmen dürfe.

Mirbel, auf den wir noch zurückkommen, hatte 1801 eine auf Caspar Friedrich Wolff gestützte Theorie des Zellenbaues der Pflanzen aufgestellt, dem entsprechend die Einfachheit der Scheidewände zwischen je zwei benachbarten Zellräumen angenommen und auf neue Beobachtungen gestützt, die Existenz sichtbarer Poren in den Scheidewänden des Parenchym's und der Gefäße behauptet, auch neue Ansichten über die Natur und

Entstehung der Gefäße vertheidigt. In Deutschland war es nun **Kurt Sprengel**, der bekannte Geschichtsschreiber der Botanik und einer der vielseitigsten und gelehrtesten Botaniker seiner Zeit, der schon in seiner 1802 herausgegebenen „Anleitung zur Kenntniß der Gewächse", die in einem sehr weitschweifigen Briefstyl geschrieben ist, den wesentlichsten Puncten entgegentrat. Er stützte sich dabei auf eigene Beobachtungen, die aber offenbar bei geringer Vergrößerung mit unklarem Gesichtsfeld an schlechten Präparaten gemacht waren. Das Zellgewebe, sagte Sprengel, bestehe aus Höhlen von sehr verschiedener Gestalt, die aber unter einander kommuniciren, indem einige Scheidewände durchbrochen sind, andere gänzlich fehlen. In den Samenlappen der Bohne und sonst, sah er die Stärkekörner, die er jedoch für Bläschen hielt, welche durch Wasseraufnahme heranwachsen und so neues Zellgewebe bilden, wobei er jedoch die Antwort auf die Frage schuldig blieb, wie nun das Wachsthum der Organe bei einer derartigen Zellbildung zu denken sei. Höchst unklar war seine Vorstellung von den Gefäßen, unklarer sogar als bei Hedwig, obgleich er sich das Verdienst erwarb, dessen wunderliche Theorie von den rückführenden Gefäßen in der Epidermis zu widerlegen; auch hatte er den guten Gedanken, freilich nur nebenbei, geäußert, daß die Schraubengänge und wohl die Gefäße überhaupt aus Zellgewebe entstehen könnten, da anfangs die jüngsten Pflanzentheile überhaupt nur aus solchem bestehen. Ueber das Wie und Wo des Vorganges sprach er sich jedoch nicht aus. Wie bei Malpighi und Grew hatten auch bei ihm die Spiralgefäße keine eigene Wand, welche er vielmehr aus der dicht zusammengerollten Spiralfaser bestehen ließ; die Einschnürungen der weiten kurzgliederigen Gefäße hielt er für Contractionen derselben, welche durch „lebhafte Zusammenziehung" der Spiralfaser, durch eine Art peristaltischer Bewegung entstehen; ein in den ersten Jahrzehnten des Jahrhunderts vielfach gehegter Irrthum, der sich gern mit der damaligen Vorstellung von der Lebenskraft verband, unter andern auch von Goethe getheilt wurde. — Wie Grew, Gleichen, Hedwig sah auch Sprengel an den Spaltöffnungen,

die er mit dem jetzt noch gangbaren Namen belegte, statt der beiden Schliesszellen einen ringförmigen Wulst; wir finden aber hier schon die wohl von Comparetti zuerst gemachte Beobachtung mitgetheilt, daß sich die Spalte abwechselnd schließt und öffnet, am Morgen soll sie weit geöffnet, am Abend geschlossen sein. Sprengel schrieb diesen Organen aber eine einsaugende Thätigkeit zu.

Gegen Mirbel erhob Sprengel bei Gelegenheit seiner Zellbildungstheorie den Vorwurf, er habe die in den Zellen liegenden Stärkekörnchen für die Poren der Zellwände gehalten. In diesem für die Zellenlehre und Physiologie so wichtigen Puncte folgten ihm später die drei Bewerber um den Göttinger Preis, obgleich schon 1805 Bernhardi Mirbel's Lehre von den Poren in Schutz genommen und darauf hingewiesen hatte, wie wenig man glauben könne, daß ein so gewandter Beobachter wie Mirbel einen so groben Irrthum begangen haben solle. Ueberhaupt zeichnete sich die kleine Schrift **Bernhardi's** „Beobachtungen über Pflanzengefäße" (Erfurt 1805)[1]) nicht nur durch verschiedene neue und richtige Wahrnehmungen aus, sondern noch mehr durch einen einfachen geraden Verstand, der die Dinge nimmt, wie sie sich dem Auge darbieten, ohne sich durch vorgefaßte Meinungen beirren zu lassen. Bernhardi's Beobachtungen sind unzweifelhaft die besten in dem ganzen Zeitraum von Malpighi und Grew bis auf den jüngeren Moldenhawer; seine Art, die phytotomischen Fragen zu behandeln viel zweckmäßiger, als bei den drei Bewerbern um den Göttinger Preis.

Die genannte Schrift handelt übrigens nicht bloß von den Gefäßen, sondern auch von den übrigen Gewerbeformen, welche Bernhardi genauer als bisher zu unterscheiden und zu klassificiren sucht. Dabei zeichnet er sich sehr vortheilhaft vor seinen Zeitgenossen dadurch aus, daß er die gebrauchten histologischen Ausdrücke auf möglichst scharf definirte Begriffe anzuwenden

---

[1]) Johann Jakob Bernhardi geb. 1774, gest. 1850 zu Erfurt, war Professor der Botanik daselbst.

sucht, was bei der Verschwommenheit der damaligen phytotomischen Begriffe schon ein großer Fortschritt war. Bernhardi unterscheidet drei Hauptformen des Pflanzengewebes: das Mark, den Bast und die Gefäße.

Als Mark bezeichnet er das, was Grew Parenchym genannt hatte und was auch jetzt noch so genannt wird; ob die Markzellen von sichtbaren Poren durchbohrt seien, blieb ihm fraglich. Unter dem Worte Bast begriff er nicht bloß die faserigen Elemente der Rinde, sondern vor Allem auch diejenigen des Holzes, überhaupt das, was wir gegenwärtig prosenchymatische Gewerbformen nennen; es stimmte das sehr gut mit der auch von ihm, wie von allen seinen Zeitgenossen, getheilten Ansicht Malpighi's, daß bei dem Dickenwachsthum der holzigen Stämme die inneren Lagen des Rindenbastes sich in äußere Holzlagen verwandeln; diesen Ursprung ließ er jedoch nicht gelten für den innersten Theil des Holzkörpers, der sich schon in den jungen Sprossen ausbildet, in welchen allein ächte Spiralgefäße mit abrollbarer Faser zu finden sind.

Die Gefäße unterscheidet Bernhardi in zwei Hauptgruppen. in Luftgefäße und in eigene Gefäße. Die Luftgefäße bezeichnet er aus demselben Grunde wie Grew mit diesem Namen, weil sie wenigstens während eines Theils der Vegetationszeit mit Luft gefüllt sind; sie finden sich im Holz und wo ein geschlossener Holzkörper nicht vorhanden ist, da werden die holzigen Bündel auch nicht allein von Gefäßen gebildet, sondern es sind Baststränge, welche Gefäßröhren einschließen; diese letzteren unterscheidet er nun in drei Hauptformen: die Ringgefäße, welche er selbst erst entdeckt hatte, die eigentlichen Spiralgefäße mit abrollbaren Band und die Treppengefäße, worunter er jedoch nicht bloß solche mit breiten Spalten, wie bei den Farnen, sondern auch die getüpfelten Gefäße des secundären Holzes verstand. Von den Ring- und Spiralgefäßen hatte er eine ganz richtige Vorstellung, zumal wies er auch Hedwig's erwähnte Meinung ab und zeigte, daß das Gegentheil derselben richtig sei, daß nämlich das Spiralband äußerlich von einer Haut umgeben ist,

was übrigens später wieder von Link, Sprengel und Moldenhawer geleugnet wurde. Die Skulpturverhältnisse der Treppengefäße dagegen wurden ihm nicht klar, er hielt die Tüpfel der punctirten Gefäße für Verdickungen der Wand, also für dasselbe, was bei den ächten Treppengefäßen die Querleisten zwischen den Spalten sind, welch letztere er übrigens für geschlossen hielt. War in diesen Ansichten auch noch viel Irrthümliches, so trug doch wesentlich zur Klärung der Ansichten bei, daß Bernhardi überhaupt die verschiedenen Formen der Luftgefäße zu unterscheiden suchte, zumal darauf hinwies, daß sich im secundären Holz weder Spiral- noch Ringgefäße finden. Die Aehnlichkeit der verschiedenen Gefäßformen verführte die Zeitgenossen Bernhardi's vielfach zu der irrigen Ansicht, daß dieselben durch Metamorphose der eigentlichen Spiralgefäße entstehen; er zeigte, daß man wohl innerhalb Einer Gefäßröhre verschiedene Wandformen finde, daß dies jedoch nicht auf einer zeitlichen Verwandlung beruhe; vielmehr lehre die Beobachtung, daß jede Art von Gefäßen schon in der Jugend ihren Charakter besitzt, daß zumal auch die jüngsten Treppengefäße nicht die Form von Spiralgefäßen darbieten.

Unter den Begriff der eigenen Gefäße rechnete er alle röhrenförmigen mit eigenthümlichen Saft erfüllten Gebilde, nicht bloß die Milchzellen und ächten Milchgefäße, sondern auch die Harzgänge und dergl., über deren Vertheilung und Saftgehalt zu verschiedenen Zeiten er vielfach gute, auch jetzt noch werthvolle Beobachtungen machte. Die Unterschiede im Bau dieser verschiedenen saftführenden Röhren konnte er mit den schwachen Vergrößerungen seines Mikroskops noch nicht wahrnehmen, er hielt sich daher vorwiegend an die Struktur der großen Harzgänge, die er im Ganzen richtig erkannte.

Die Frage: ob es außer den genannten Gefäßformen noch andere in der Pflanze gebe, gab ihm Gelegenheit, den Begriff eines Gefäßes als eines ununterbrochenen Rohres oder Canales besser als es bis dahin geschehen war zu definiren, und zugleich sieht er sich genöthigt in diesem Sinn die Frage aufzunehmen,

ob seine Bastfasern auch als Gefäße zu deuten sind, eine Frage, die er jedoch nicht bestimmt beantworten konnte. Dagegen erklärte er sich entschieden gegen Hedwig's rückführende Gefäße in der Epidermis, was auch Sprengel schon gethan hatte, und sehr anerkennenswerth ist, daß Bernhardi die Kanten, wo je drei Längswände des Parenchyms zusammenstoßen, für das erkannte, was sie wirklich sind, während selbst noch spätere Beobachter hier Schwierigkeiten fanden.

Schon vor dem Erscheinen von Bernhardi's Schrift, im Jahre 1804 stellte die k. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen eine Preisfrage, welche sehr deutlich zeigt, wie unsicher man sich damals noch in allen Puncten der Pflanzenanatomie fühlte; zur Charakteristik des damaligen Zustands der Phytotomie wird es beitragen, wenn hier die Preisfrage in ihrer ganzen Länge angeführt wird; sie findet sich in der Vorrede von Rudolphi's Anatomie der Pflanzen (1807): „Da der eigentliche Gefäßbau der Gewächse von einigen neuen Physiologen geleugnet, von anderen, zumal älteren, angenommen wird: so wären neue mikroskopische Untersuchungen anzustellen, welche entweder die Beobachtungen Mahlpighi's, Grew's, Du Hamel's, Mustel's, Hedwig's oder die besondere von dem Thierreich abweichende, einfachere Organisation der Gewächse, die man entweder aus einfachen, eigenthümlichen Fibern und Fasern (Medicus) oder aus zelligen und röhrigen Gewebe (tissu tubulaire Mirbel) hat entstehen lassen, bestätigen müßten. — Dabei wären nachfolgende untergeordnete Fragen zu berücksichtigen: a) Wievielerlei Gefäßarten lassen sich von der ersten Entwicklungsperiode derselben mit Gewißheit annehmen? und wenn diese wirklich existiren. b) Sind jene gewundenen Fasern, welche man Spiralgefäße (vasa spiralia) nennt, selbst hohl, und bilden sie also Gefäße, oder dienen sie durch ihre Windungen zur Bildung eigener Kapseln? und wie c) bewegen sich in diesen Kapseln die tropfbaren Flüssigkeiten sowohl als Luftarten? d) Entstehen durch Verwachsung dieser gewundenen Fasern die Treppengänge (Sprengel) oder umgekehrt diese

aus jenen (Mirbel)? Entstehen von den Treppengängen Splint (Alburnum, Aubier) und Holzfasern, oder diese aus ursprünglich eigenthümlichen Gefäßen oder dem röhrigen Gewebe."

Man sieht es dieser Preisfrage, wie mancher anderen, deutlich genug an, daß sie von Personen aufgestellt wurde, welche von der Sache wenig verstanden und nicht einmal die bereits vorliegende Literatur kritisch zu würdigen wußten, wie hätte man sonst die Aeußerungen eines Mustel und Medicus denen eines Malpighi und Grew entgegenstellen können. Hätte Bernhardi oder Mirbel die Preisfrage gestellt, sie wäre sicherlich besser gefaßt. Dem entsprach es denn auch, daß die drei eingelaufenen Preisschriften, in der Behandlung weniger gut als die erwähnte Arbeit Bernhardi's, obgleich sie einander in den wesentlichsten Puncten widersprachen, doch sämmtlich acceptirt wurden; noch mehr, daß die von Treviranus nur das Accessit erhielt, obgleich sie entschieden besser war, als die beiden anderen, besonders aber besser als die von Rudolphi. Das Beste an der ganzen Preisfrage war, daß sie Leben in die damalige Phytotomie brachte, und zumal Mirbel veranlaßte, die drei Preisschriften, besonders die von Treviranus, welche Mirbel mit dem Scharfblick des Fachmanns sofort als die beste erkannte, einer scharfen Kritik zu unterziehen. Die Preisschrift von Link erschien 1807 unter dem Titel: „Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen", die von Rudolphi als „Anatomie der Pflanzen", ebenfalls 1807, jede derselben bildet einen stattlichen Oktavband. Die Schrift von L. C. Treviranus kam schon 1806 mit dem Titel „Vom inwendigen Bau der Gewächse" heraus.

Vergleichen wir zunächst die beiden gekrönten Schriften von Link und von Rudolphi[1]), die sich geradezu wie Lehrbücher der gesammten Phytotomie und Physiologie der Pflanzen ausnahmen, so vermissen wir in beiden vor Allem eine klare Aus-

[1]) Karl Asmus Rudolphi geb. zu Stockholm 1771, Professor der Anatomie und Physiologie zu Berlin, starb daselbst 1832.

einandersetzung über die mit den gebrauchten Worten verbundenen Begriffe; der Gedankengang bleibt daher vielfach unklar und schwankend. Trotzdem ist leicht zu erkennen, daß beide einander in allen wesentlichen Puncten widersprechen, wobei jedoch gewöhnlich Link[1]) das Richtige oder wenigstens das Richtigere trifft. So leugnet z. B. Rudolphi überhaupt die vegetabilische Natur der Pilze und Flechten, indem er zwischen ihren Hyphen und dem pflanzlichen Zellgewebe durchaus keine Aehnlichkeit findet (jene Pflanzen läßt er durch Urzeugung entstehen); sogar betreffs der Conferven sagt er, das Mikroskop habe ihm Nichts gezeigt, was mit dem Pflanzenbau übereinstimme; offenbar ein Zeichen schlechter Beobachtung oder aber der Unfähigkeit, das Gesehene zu begreifen. Link dagegen nimmt alle Thallophyten für Pflanzen, erkennt, daß die Flechten- und Pilzfäden aus Zellen bestehen und daß wenigstens bei manchen Algen Zellen vorkommen. — Rudolphi lobt gleichzeitig Wolff's und Sprengel's Ansicht vom Zellgewebe, obgleich beide einander

[1]) Heinrich Friedrich Link, 1767 zu Hildesheim geboren, studirte in Göttingen, wo er 1788 Doctor der Medicin wurde; 1792 ward er als Professor der Zoologie, Botanik und Chemie nach Rostock, 1811 auf den Lehrstuhl der Botanik nach Breslau, 1815 nach Berlin berufen, wo er 1851 starb. — Link war ein sehr vielseitig gebildeter, geistreicher Mann, der es jedoch bei der Untersuchung im Einzelnen nicht allzu genau nahm und sich mehr als anregender Lehrer und Verfasser populärer, philosophisch-naturwissenschaftlicher Werke u. dgl. in weiteren Kreisen Geltung erwarb. Er war einer der wenigen Botaniker Deutschlands, die in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts eine allseitige Pflanzenkenntniß anstrebten, mit soliden systematischen Forschungen auch phytotomische und physiologische zu verbinden wußten. Unter der sehr großen Zahl seiner Schriften, welche alle Disciplinen der Botanik, aber auch Zoologie, Physik, Chemie und Anderes behandeln, dürfte seine Göttinger Preisschrift doch die für den Fortschritt der Wissenschaft wichtigste gewesen sein; seine spätere schriftstellerische Thätigkeit war, wie Martius treffend sagt, weniger von universell treibender Bedeutung, als vielmehr nachforschend, berichtend, berichtigend, bezweifelnd, belehrend und anregend. Eine, wohl etwas übertreibende Schilderung seiner wissenschaftlichen Bedeutung giebt v. Martius: „Denkrede auf H. F. Link" (Gelehrte Anzeigen München 1851 Nr. 58 bis 69.)

direct widersprechen und obgleich er Sprengel's sonderbare Zellbildungstheorie unverändert aufnimmt. Link dagegen erklärt sich aus guten Gründen gegen Sprengel's Theorie, indem er nachweist, daß dessen für junge Zellen gehaltene Bläschen Stärkekörner sind; freilich läßt er dagegen die neuen Zellen zwischen den älteren entstehen. — Rudolphi meint, die Zellen münden oft in einander, wie der Uebergang gefärbter Flüssigkeiten deutlich beweise; Link behauptet, die Zellen seien geschlossen und beweist diese Behauptung treffend durch das Vorkommen von Zellen mit farbigem Saft mitten im farblosen Gewebe. — Rudolphi läßt die Spalte der Spaltöffnungen von einer rundlichen Umfassung umgeben sein, die er ohne vieles Bedenken für einen Schließmuskel hält, da sich die Spalten erweitern und verengern. Viel besser hält Link die Umgebung der Spalte für eine Zelle oder für eine Gruppe von Zellen. — Rudolphi kennt als Luftwege in den Pflanzen nur die großen Höhlen in hohlen Stengeln und im Gewebe der Wasserpflanzen; Link erklärt dieselben für Lücken, welche durch verschiedenes Wachsthum der Gewebezellen entstehen. — Bei Rudolphi bezeichnet das Wort Gefäß nicht nur die Gefäßformen des Holzes, sondern auch die Milchgefäße und Harzgänge und auf die Milchgefäße trägt er sogar die Malpighische Ansicht vom Bau der Spiralgefäße über. Link bezeichnet nur die im Holz liegenden Röhren als Gefäße, indem er die verschiedensten Formen derselben als Spiralgefäße auffaßt; die Milchgefäße, Harzgänge u. dgl. schließt er vom Begriff der Gefäße aus und zwar inconsequenter Weise, da er mit Rudolphi annimmt, der Begriff des Gefäßes liege darin, daß es wie bei den Thieren ein Nahrungssaft führender Canal sei.

Bei so vielen Widersprüchen der beiden Preisschriften stimmen diese jedoch darin überein, daß sie die alte Malpighi'sche Ansicht vom Dickenwachsthum der Stämme annehmen, wonach die neuen Holzlagen aus den inneren Bastschichten entstehen, indem gleichzeitig zwischen den Bastzellen, die auch hier mit den Holzfasern für identisch gehalten werden, neue Spiralgefäße ent-

stehen und zwar, wie Link ausdrücklich sagt, aus Säften, welche sich zwischen die Bastzellen ergießen.

Es ist schwer begreiflich, wie zwei Abhandlungen, welche einander in der angegebenen Weise widersprachen, gleichzeitig mit dem Preis gekrönt werden konnten, noch schwerer begreiflich aber wie man den großen Unterschied zwischen der verständigen und wohlgeordneten Darstellung Link's und der ganz kritiklosen, überall mehr auf alte Autoritäten als auf eigene Beobachtung sich stützenden Darstellung Rudolphi's übersehen konnte. Unzweifelhaft ist übrigens, daß auch die viel bessere Arbeit Link's der Schrift Bernhardi's nachsteht, wenn man nicht etwa die größere Ausführlichkeit der ersteren, die Häufung der Beobachtungen und die Belesenheit Link's für einen wesentlichen Vorzug halten will. Die Abbildungen, sowohl bei Link, wie bei Rudolphi, sind weniger gut als die Bernhardi's.

Die von den Göttinger Preisrichtern mit dem Accessit bedachte Schrift von **L. C. Treviranus**[1]) steht an Umfang hinter den beiden andern weit zurück, die Form der Darstellung

[1]) Ludolf Christian Treviranus geb. zu Bremen 1779 wurde 1801 Doctor der Medicin in Jena; nach Bremen zurückgekehrt, widmete er sich der ärztlichen Praxis; 1807 wurde er am Lyceum daselbst Lehrer; 1812 folgte er einem Rufe an die von Link in Rostock verlassene Professur, auch in Breslau wurde er dessen Nachfolger; als 1830 C. G. Nees von Esenbeck seine Stellung in Bonn aufgab, entschloß sich Treviranus ihm seine Stellung in Breslau abzutreten und die Professur in Bonn zu übernehmen, wo er 1864 starb. — Seine Thätigkeit war anfangs vorwiegend der Phytotomie und Physiologie der Pflanzen, später mehr der Bestimmung und Berichtigung der Spezies gewidmet. Für die Geschichte der Botanik sind vorwiegend seine ersten Schriften, die im Text erwähnten, so wie seine zwischen 1815 und 1828 erschienenen Abhandlungen über Sexualität und Embryologie der Phanerogamen von Bedeutung. Seine zweibändige Physiologie der Gewächse 1835—1838 ist ihrer genauen Literaturangaben wegen auch jetzt noch von Werth, zum Fortschritt der Physiologie selbst hat sie jedoch kaum beigetragen, da Treviranus darin noch ganz die älteren Anschauungen, zumal auch die von der Lebenskraft vertritt, während in diesen Jahren bereits neue Begriffe sich Bahn brachen. Einige Notizen über sein Leben vgl. botan. Zeitg. 1864 pag. 176.

ist viel weniger gewandt als bei Link, sogar recht unbeholfen. Aber schon die viel besseren Abbildungen zeigen, daß Treviranus genauer als beide Mitbewerber beobachtet hatte und was der kleinen Schrift trotz der unschönen Darstellungsform einen hervorragenden Werth gab, waren die entwicklungsgeschichtlichen Gesichtspuncte, auf welche Treviranus entschiedener als jene, Werth legte und welche ihn in Bezug auf einige der fundamentalsten Fragen der Phytotomie zur Aufstellung von Ansichten veranlaßten, in welchen man die ersten Keime der später von Mohl ausgebildeten Theorieen findet. Treviranus' Ansicht von der Entstehung des Zellgewebes war im Wesentlichen die von Sprengel aufgestellte, also jedenfalls eine sehr mißglückte, das hinderte jedoch nicht, daß seine Beobachtungen über die Zusammensetzung des Holzes und die Natur der Gefäße so gut und richtig waren, als bei dem damaligen Zustand der Mikroskope erwartet werden durfte. Eine Entdeckung von beträchtlichem Werth war zunächst die Auffindung der Interzellularräume im parenchymatischen Gewebe, deren Werth allerdings dadurch geschmälert wurde, daß Treviranus diese Gänge mit Saft erfüllt sein ließ, dessen Bewegung er sogar beschrieb. Die Holzfasern entstehen seiner Meinung nach durch starke Ausdehnung von Bläschen in die Länge. Betreffs der Natur der Gefäße vertheidigte Treviranus zunächst die Ansicht Bernhardi's, daß die Spiralfaser der abrollbaren Spiralgefäße nicht um einen häutigen Schlauch herumgewunden sei, sondern von einem solchen umgeben werde. Gegen Bernhardi hebt er die Eigenartigkeit der punctirten Gefäße oder porösen Holzröhren im Gegensatz zu den falschen Tracheen oder Treppengefäßen, hervor, deren Bau er bei den Farnen richtiger beschrieb. Mirbel's Ansicht, wonach die Tüpfel der punctirten Gefäße Löcher seien, umgeben von einem aufgeworfenen drüsigen Rand, lehnte Treviranus ab, indem er sie für Körner oder Kügelchen erklärte. Diesem Irrthum gegenüber war es aber ein beträchtlicher Fortschritt, daß Treviranus die Entstehung der getüpfelten Holzgefäße aus vorher von einander abgegrenzten Zellen nicht blos vermuthete,

sondern durch Beobachtung nachwies, indem er zeigte, daß die Glieder derartiger Gefäße anfangs wirklich durch schiefe Querwände getrennt sind, welche später nicht mehr aufgefunden werden. Doch wurde diese richtige Beobachtung dadurch getrübt, daß Treviranus gleich den bisher genannten Phytotomen das Holz durch Verwandlung des Bastes entstehen ließ und demzufolge annahm, die Holzgefäße entstünden aus Bastfasern, welche sich beträchtlich ausdehnen, nachdem sie sich in eine gerade fortlaufende Kette an einander gesetzt haben; die Ungleichheiten, welche aus dem schiefen prosenchymatischen Ansatz derselben entstehen, verschwänden allmählich, die Grenzen der einzelnen Glieder eines Gefäßes seien auch später noch an schiefen Querstrichen wahrzunehmen. Die Scheidewände, welche an diesen Stellen ursprünglich vorhanden seien, sollten durch Ausweitung der Höhlungen verschwinden, so, daß die einzelnen Glieder zusammen einen kontinuirlichen Canal bilden. Um das Verschwinden einer Querwand zwischen zwei benachbarten Zellen zu erläutern, verweist Treviranus sehr treffend, ja in überraschender Weise auf die Bildung des Copulationschlauches der Spirogyren. Die von Sprengel, Link und Rudolphi vertretene Ansicht, wonach die verschiedenen Gefäßformen aus ächten Spiralgefäßen entstehen sollen, weist Treviranus in Uebereinstimmung mit Bernhardi zurück; er habe die Treppengänge bei Farnen schon im jüngsten Zustand als solche und nicht als Spiralgefäße gefunden; für ihn habe es große Wahrscheinlichkeit, daß die getrennten Querstreifen der falschen Spiralgefäße (Treppengänge) ebenso wie die Tüpfel der punctirten Gefäße an den Wänden membranöser Faserschläuche sich bilden und ebenso ließ er die wahren Spiralgefäße aus dünnhäutigen langen Zellen entstehen, auf deren Innenseite das Spiralband sich bildet, wobei er die Glieder der jungen Spiralgefäße sehr treffend mit den Schleuderzellen der Jungermannien vergleicht. Wir finden hier also die ersten bestimmteren Andeutungen einer Theorie vom Dickenwachsthum der Zellwände, welche später ebenso wie die Entstehung der Gefäße aus Zellreihen von Mohl weiter ausgeführt

und besser begründet wurde. Am Schluß der Schrift wird die Histologie der Kryptogamen, Monokotylen und Dikotylen vergleichend und ebenfalls besser und klarer behandelt als in den entsprechenden Capiteln, seiner Mitbewerber.

So schwach auch im Ganzen genommen die entwicklungsgeschichtlichen Momente in Treviranus' Darstellung der Gewebelehre waren, erkannte doch Mirbel [1]) in ihm den gefährlichsten Gegner seiner Theorie und an ihn, nicht an seine anderen deutschen Widersacher, Sprengel, Link, Rudolphi richtete er einen offenen Brief, in welchem er seine früher ausgesprochenen Ansichten vertheidigte. Dieser Brief ist der erste Theil eines umfangreicheren, 1808 erschienenen Werkes: Exposition et defense de ma theorie de l'organisation végétale, in welchem Mirbel mit großer stylistischer Gewandtheit und auf Grund mehr vielseitiger, als tiefer Beobachtung die Einwendungen seiner Gegner zu widerlegen und seine Theorie des Pflanzengewebes von Neuem zu begründen sucht, indem er zugibt, daß seine früheren Abhandlungen manches Fehlerhafte enthalten, aber auch verlangt, daß man seine Ansicht als ein Ganzes behandle und

[1]) Charles François Mirbel (Brisseau-Mirbel) geb. 1776 zu Paris, gest. 1854 (vergl. Pritzel), widmete sich anfangs der Malerei; durch Desfontaines in die Botanik eingeführt, ward er 1808 Mitglied des Instituts, bald darauf Professor an der Universität zu Paris. Von 1816 — 1825 blieb er botanischen Studien ganz fern, da er sich während dieser Zeit der Administration widmete; später nahm er seine botanischen Arbeiten wieder auf und wurde 1829 Professor der Culturen am Museum d'hist. nat. — Mirbel ist der Begründer der mikroskopischen Anatomie der Pflanzen in Frankreich; was dort vor ihm in dieser Richtung gethan wurde, war noch viel unbedeutender, als das in Deutschland. Nicht nur seine Schriften zogen ihm vielfache Polemik auch später zu, sondern noch mehr wurde er angefeindet, weil er der Systematik als Lehrer die große Bedeutung nicht zugestand, die man ihr damals beilegte, während er die Schüler auf die Struktur und Lebenserscheinungen der Pflanzen hinwies. Nach Milne-Edwards litt Mirbel sehr unter den scharfen Angriffen, die er deßhalb erfuhr; er wurde apathisch, eine Krankheit hinderte ihn lange vor seinem Tode an der Fortsetzung seiner Arbeiten und amtlichen Funktionen (Botan. Ztg. 1855 p. 343).

nicht an einzelne Ausdrücke sich stoße. Im Wesentlichen ist Mirbel's Vorstellung von der inneren Struktur der Pflanzen die von Caspar Friedrich Wolff aufgestellte. Das Erste und die Fundamentalidee sei, daß die ganze vegetabilische Organisation von einem und demselben, in verschiedener Weise modificirten Gewebe gebildet sei. Die Zellhöhlen seien nur Hohlräume von verschiedener Form und Ausdehnung in einer homogenen Grundmasse, bedürfen also nicht, wie Grew angenommen, eines Fadensystems, um unter einander zusammengehalten zu werden. Eine Ausnahme machen nur die Tracheen, von denen Mirbel sehr im Gegensatz zu der viel richtigeren Anschauung Treviranus' sagt, es seien schmale, schraubig gewundene Lamellen, die in das Gewebe eingeschoben sind und mit diesem nur an ihren beiden Enden zusammenhängen. Frage man nun, wie in einem derartigen Zellengewebe ein Saftaustausch möglich sei, so könne man von vorneherein nicht leugnen, daß die häutige Substanz der Pflanzen von unzähligen, unsichtbaren Poren durchbohrt sei, durch welche die Flüssigkeiten dringen. Die Natur habe aber auch schneller wirkende und kraftvollere Mittel in den größeren Poren, welche mit Hülfe des Mikroskops sichtbar sind. Wie nun durch diese sichtbaren Poren die Flüssigkeiten in Bewegung gesetzt werden, ließ Mirbel unerörtert, wie man sich damals überhaupt über dergleichen mechanische Schwierigkeiten leicht hinwegsetzte, weil im Hintergrund die Lebenskraft als bewegendes Agens stand. Die von Sprengel ihm gemachte Zumuthung, daß er Poren und Körner verwechselt habe, weist Mirbel mit dem Hinweis auf seine Abbildungen lebhaft zurück; er habe bei den punctirten Gefäßen auf der Außenseite der Wände Erhabenheiten gezeichnet, in jeder derselben aber eine Oeffnung, welche seine Gegner eben einfach nicht gesehen hätten; die Frage, ob diese Erhabenheiten auf der Innen- oder Außenseite der Gefäßwand liegen, hat bei Mirbel's Auffassung von der Einfachheit der Scheidewände eigentlich keinen Sinn, es kann sich bei ihm nur darum handeln, ob die durchbohrten Hervorragungen auf der einen oder der anderen Seite der Wand

liegen. Treviranus, der die Poren geleugnet, verweist er auf seine Beschreibung der Treppengefäße, wo er die den Poren entsprechenden Spalten selbst gesehen habe.

Diesen Fundamentalfragen gegenüber haben die weiteren Ausführungen Mirbel's über verschiedene Einzelheiten für uns kein weiteres Interesse. Im Zusammenhang stellte Mirbel seine gesammte Gewebelehre in Form von Aphorismen dar, welche den zweiten Theil seines erwähnten Buches bilden. Von dem, was er über die von ihm angenommenen fünf Arten von Gefäßformen sagt, ist von hervorragenderem Interesse die Angabe, daß bei seinen rosenkranzförmigen Gefäßen siebartig durchbohrte Diaphragmen die einzelnen Glieder trennen. Den schwächsten Theil der Phytotomie finden wir bei Mirbel sowie bei seinen Gegnern in der Beschreibung der eigenen Gefäße (vasa propria) zu denen auch er ebenso die Milchzellen der Euphorbien, wie die Harzgänge der Coniferen rechnet; daß diese letzteren Canäle sind, welche von einer eigenthümlichen Gewebeschicht eingefaßt werden, erkannte er übrigens deutlich genug. Diesen Gewebeformen ist der dritte Theil des Buches gewidmet, wo wir erfahren, daß Mirbel zu seinen bündelförmig geordneten eigenen Gefäßen nicht nur manche Formen von Siebröhrenbündeln, sondern auch ächte Baststränge, wie die der Nesseln und des Hanfes rechnet. — Wie seine Gegner läßt auch Mirbel das Dickenwachsthum holziger Stämme durch Verwandlung der inneren Bastschichten in Holzlagen stattfinden; doch giebt er dieser Ansicht eine andere Wendung, welche sich schon mehr der modernen Theorie des Dickenwachsthums nähert: während der Vegetationszeit entwickle sich bei den Dikotylen an der Grenze von Holz und Rinde ein feines Gewebe mit großen Gefäßen, welche die Masse des Holzkörpers vermehren, während andererseits ein lockeres Zellgewebe entstehe, welches dazu bestimmt ist, die beständigen Verluste der äußeren Rinde zu ersetzen. Für die späteren Phytotomen, welche mit dem Worte Cambium eine dünne, beständig Holz und Rinde erzeugende Gewebeschicht bezeichneten, mußte Mirbel's ohnehin sehr unklare Ansicht vom Dickenwachsthum um so unklarer wer-

den, als er damals mit dem Worte Cambium nicht etwa die später so genannte Gewebeschicht, sondern einen sehr „ausgearbeiteten und gereinigten Saft" verstand, welcher zur Ernährung der Pflanze bestimmt, alle Membranen durchdringt; man sehe diesen Cambiumsaft da erscheinen, wo er neue Röhren und Zellen (im Sinne der Wolff'schen Theorie) hervorbringt. Die Zellen zeigen sich anfangs als sehr kleine Kügelchen, die Röhren als sehr dünne Linien; beide erweitern sich und zeigen nach und nach Poren, Spalten u. s. w. Also im Wesentlichen die Wolff'sche Lehre, welche Mirbel später bei der Keimung der Dattelpalme, mit Hülfe stärkerer Mikroskope gegen die deutschen Phytotomen weiter zu begründen suchte.

Mit mehr Nachdruck als die deutschen Phytotomen jener Zeit machte Mirbel den Gedanken geltend, daß alle Gewebeformen der Pflanze sich ursprünglich aus jungem Zellgewebe entwickeln, ein Gedanke, den übrigens schon Sprengel angeregt hatte und welcher für Mirbel aus der Wolff'schen Theorie von selbst folgte. Ganz wie bei C. F. Wolff findet man auch bei Mirbel neben zu rascher Beobachtung ein allzustarkes Vorwalten theoretischer Begründung des Gesehenen; wie Wolff ist auch Mirbel allzu rasch mit weitgehenden Erklärungen bei der Hand, wo zunächst nur fortgesetzte Beobachtung entscheiden konnte.

Treviranus unterließ es nicht, auf die Polemik Mirbel's wenn auch spät zu antworten, indem er seinen „Beiträgen zur Pflanzenphysiologie" (Göttingen 1811) einen Aufsatz „Beobachtungen im Betreff einiger streitigen Puncte der Pflanzenphysiologie" einverleibte, wo er die streitigen Fragepuncte nicht blos Mirbel, sondern auch Link und anderen gegenüber, gestützt auf neue Beobachtungen, wieder aufnahm. Es ist nicht zu leugnen, daß Treviranus in dieser kleinen Schrift abermals einige wichtige Fragen ihrem Abschluß näher brachte; namentlich lieferte er hier einen guten Beitrag zur Kenntniß der getüpfelten Gefäße, über welche er nunmehr seine Ansicht der Mirbel's näherte; auch wies er auf die blasenartige Natur

der voneinander nicht selten trennbaren Pflanzenzellen hin, hob das Vorkommen ächter Spiralgefäße in der Umgebung des Markes auch bei den Coniferen hervor, entdeckte die Spaltöffnungen auf der Fruchtkapsel der Laubmoose und dergl. mehr. Betreffs seiner, von Sprengel entlehnten Zellbildungstheorie suchte er sich jedoch durch eine Spitzfindigkeit, aus der Verlegenheit zu ziehen, indem er nachwies, daß die Stärkekörner aus den Cotyledonen der Bohnen zwar verschwinden, ohne daselbst neue Zellen zu erzeugen, sich aber auflösen, um dann an anderen Orten der Keimpflanze als flüssiges Material zur Zellbildung zu dienen, womit natürlich die Sprengel'sche Theorie aufgegeben war; als einen directen Beweis für dieselbe betrachtete er jedoch die Entstehung der Gonidien in den Zellen des Messernetzes und deren Ausbildung zu neuen Netzen.

Mirbel und seine deutschen Gegner bewegten sich im Ganzen noch in einem Gedankenkreise, der durch die Ideen Malpighi's, Grew's, Hedwig's und Wolff's geschaffen worden war, wenn auch zugegeben werden muß, daß besonders die Beobachtungen von Treviranus schon andere Gesichtspuncte eröffneten. Viel weiter jedoch trat aus diesen älteren Anschauungen schon 1812 Johann Jokob **Paul Moldenhawer** [1]) in seinen inhaltreichen „Beiträgen zur Anatomie der Pflanzen" heraus. Viel selbstständiger als einer der bisher Genannten stellte er sich den älteren Ansichten gegenüber; indem er auf sehr ausführliche, vielseitige und methodische Beobachtungen gestützt, auch offenbar mit einem viel besseren Mikroskop versehen, sich zunächst an das selbst Gesehene hielt, danach seinen Standpunct wählte, die Ansichten seiner Vorgänger ausführlich und mit einer unverkennbaren Ueberlegenheit kritisirte, wobei er eine ebenso eingehende Literaturkenntniß, wie vielseitige phytotomische Erfahrung an den Tag legte. Er faßte die Fragepuncte scharf in's Auge und widmete jedem derselben angestrengte Beobachtung

---

[1]) J. J. P. Moldenhawer war Professor der Botanik in Kiel; geb. zu Hamburg 1766, gest. 1827.

und eine ausführliche klare Besprechung. Die Sorgfalt der Untersuchung und die größere Vorzüglichkeit seines Instruments erkennt man sofort an den Abbildungen Moldenhawer's, unzweifelhaft den besten, welche bis zum Jahre 1812 angefertigt worden sind. Die Art, die Phytotomie zu behandeln, erinnert bei Moldenhawer vielfach an Mohl's Behandlungsweise, auch die Abbildungen, obgleich nicht von ihm selbst gemacht, thun dasselbe. Doch müßte man richtiger sagen, Mohl's Behandlungsweise erinnert an die von Moldenhawer, denn bei der großen Achtung, welche Mohl zumal in seinen früheren Schriften für ihn an den Tag legt, ist kaum daran zu zweifeln, daß er sich an dessen Beiträgen gebildet, aus ihnen zuerst den Ernst und die Sorgfalt, welche phytotomische Arbeiten erheischen, kennen gelernt hat.

Es wurde schon erwähnt, daß ein wesentlicher Fortschritt, den die Pflanzenphysiologie Moldenhawer verdankt, darin lag, daß er zuerst sowohl die Zellen als auch die Gefäße durch Fäulniß in Wasser und nachheriges Zerdrücken und Zerfasern isolirte, ein Verfahren, welches in neuerer Zeit wenig Anwendung findet, obgleich es auch jetzt noch selbst neben der sog. Schultze'schen Maceration mit Vortheil angewendet werden kann, besonders wenn man diese Präparationsmethode mit derselben Sorgfalt und Umsicht wie Moldenhawer anwendet. Die Isolirung der Elementarorgane der Pflanzen durch Maceration in Wasser mußte Moldenhawer sofort in den strengsten Gegensatz gegen Mirbel stellen, der mit Wolff die Einfachheit der Scheidewände zwischen je zwei Zellen annahm, während Moldenhawer durch sein Verfahren die Zellen und Gefäße nach der Isolirung als geschlossene Schläuche und Säcke vorfand, die also anscheinend nothwendig in der lebenden Pflanze selbst so aneinander liegen mußten, daß die Wand zwischen je zwei Zellräumen von einer doppelten Hautlamelle gebildet wurde und Moldenhawer hebt ausdrücklich hervor, daß dies auch in sehr dünnwandigem Parenchym der Fall sei. Dieses Ergebniß blieb unanfechtbar, so lange man nicht in der Lage war, aus der Ent-

wicklungsgeschichte des Zellgewebes die ursprüngliche Einfachheit der Scheidewände abzuleiten, oder so lange man nicht aus sehr starken Vergrößerungen die wahre Struktur der Scheidewände und ihre spätere Spaltung sowie die Differenzirung der ursprünglich einfachen Wand in zwei trennbare Lamellen darthun konnte. War die auf das Macerationsergebniß basirte Ansicht auch noch nicht die richtige, so trat sie doch betreffs der fertigen Zustände der Wahrheit näher, als die Wolff=Mirbel'sche Annahme und was noch mehr galt, man war in der Lage, die Form der einzelnen Elementarorgane und die Skulptur ihrer Wände viel genauer als bisher zu studiren. Zwar hatte schon Link 1809 (Nachträge p. 1) die Zellen gelegentlich durch Knochen isolirt, auch hatte 1811, wie erwähnt, Treviranus auf die Isolirbarkeit mancher Parenchymzellen im natürlichen Zustand aufmerksam gemacht; aber keiner von beiden führte diese Wahrnehmungen methodisch weiter aus und vor Allem behält Moldenhawer das Verdienst, die Gefäße und Holzzellen zuerst isolirt zu haben. Wie es aber zu gehen pflegt, hat freilich auch er nicht alle Consequenzen, zu denen seine Präparationsmethode berechtigte, wirklich gezogen. Moldenhawer's Darstellung, welche im Grunde die ganze Phytotomie umfaßt, kehrt immer wieder zu einer bestimmten Pflanzenart, dem Mais zurück, dieser liefert bei jeder zu behandelnden Frage den Ausgangspunct; die dort gewonnenen Ergebnisse sind die festen Stützpuncte, an welche er sich bei der Betrachtung der verschiedensten anderen Pflanzen lehnt, um sich sodann in sehr ausführliche vergleichende Betrachtungen einzulassen. Diese Behandlungsweise war bei dem damaligen Zustand der Wissenschaft sowohl für die Forschung, wie für die belehrende Darstellung sehr glücklich gewählt; ein besonders glücklicher Griff aber war es, daß Moldenhawer zu diesem Zweck gerade die Maispflanze wählte: die früheren Phytotomen hatten sich gewöhnlich an die dikotylen Stämme gewendet, mit Vorliebe sogar an solche mit compacten Holzkörper und komplicirt gebauter Rinde, Pflanzen, deren Untersuchung auch für einen geübten Beobachter mit gutem Mikroskop noch heute Schwierigkeiten darbietet; ge-

legentlich hatte man sich wohl auch an die Anatomie des Kürbisstammes gehalten, dessen große Zellen und Gefäße die geringe Vergrößerung unterstützten, wobei jedoch wieder manche Abnormitäten dieser Pflanze stören mußten; die Monokotylen hatten die bisherigen Beobachter gleich den Gefäßkryptogamen erst in zweiter Linie beachtet. Indem nun Moldenhawer eine monokotyle, rasch wachsende Pflanze mit sehr großzelligem Gewebe von verhältnißmäßig sehr einfachem Bau zur Grundlage seiner Untersuchung machte, mußte ihm schon aus diesem Grunde vieles klarer werden, als seinen Vorgängern. Vor Allem aber fand er bei dieser Pflanze die faserigen Elementarorgane mit den Gefäßen in Bündeln vereinigt, welche sich von dem sie umgebenden großzelligen Parenchym scharf abgrenzen. So trat das Eigenartige und der Begriff des Gefäßbündels den anderen Gewebeformen gegenüber deutlich hervor; es war nicht mehr der Unterschied von Rinde, Holz und Mark, der den früheren Phytotomen als Grundlage der histologischen Orientirung diente, der aber an sich nur ein secundäres Ergebniß der späteren Ausbildung gewisser Pflanzentheile ist; indem Moldenhawer von vornherein das Hauptgewicht auf den Gegensatz von Gefäßbündel und Parenchym legte, traf er damit eine histologische Thatsache von mehr fundamentaler Bedeutung, durch deren richtige Würdigung seitdem erst eine durchgreifende Orientirung in der Histologie der höheren Pflanzen möglich geworden ist. Denn während demjenigen, der von der Betrachtung der Rinde, des Holzes und des Markes älterer dikotyler Stengel ausgeht, der Bau der Monokotylen und Farne abnorm und ganz eigenartig erscheinen muß, ist dagegen dem, der mit Moldenhawer in den Gefäßbündeln der letzteren ein besonderes histologisches System erkannt hat, der Weg geöffnet, auch bei den Dikotylen dasselbe aufzusuchen, die secundäre Erscheinung von Holz und Rinde auf die primäre Existenz von Gefäßbündeln zurückzuführen. Und Moldenhawer bahnte dies in der That an, indem er zuerst darauf hinwies, wie das Wachsthum eines dikotylen Stengels aus dem Bau und der Lagerung der anfangs isolirten Gefäßbündel verstanden wer-

den kann (Beiträge p. 49 ff). Dieses Verfahren aber mußte ihn nothwendig zur Abweisung der Malpigh'schen Theorie vom Dickenwachsthum holziger Stämme führen, einer Theorie, die, wie wir gesehen haben von Grew bis auf Mirbel sämmtliche Pflanzenanatomen angenommen hatten; wenn auch Bernhardi und Treviranus schwache Versuche machten, sie wenigstens zum Theil zu entkräften, so war doch Moldenhawer der erste, der die Entstehung der äußeren Holzschichten aus inneren Bastlagen definitiv beseitigte und die erste wirklich brauchbare Grundlage für die spätere richtige Theorie des nachträglichen Dickenwachsthums lieferte (p. 35). Die Beseitigung dieses alten Irrthums ist schon an sich ein sehr bedeutendes Ergebniß, welches ihm, abgesehen von allen übrigen Verdiensten, eine ehrenvolle Stelle in der Geschichte der Botanik sichern mußte.

Diesen Lichtseiten sollte jedoch auch der Schatten nicht fehlen; alle Sorgfalt der Beobachtung, alle kritische Behandlung schützte auch ihn nicht vor einem Vorurtheil und den üblen Folgen desselben. Nachdem Moldenhawer nämlich die Elementarorgane durch Maceration isolirt hatte, entstand für ihn die Frage, wie nun der feste Zusammenhang derselben in der lebenden Pflanze zu denken sei. Da glaubte er nun ebenso wie später auch Mohl, Schacht u. a. eines besonderen Bindemittels zu bedürfen, verfiel aber nicht wie diese auf eine Matrix, welcher die Zellen eingebettet sind, oder auf ein Klebemittel, welches sie zusammenhält, sondern auf eine viel wunderliche Theorie, welche stark an Grew's Fadengewebe erinnert und wie bei diesem zum Theil auf fehlerhaften Wahrnehmungen beruht, welche zu rasch als Grundlage einer Theorie benutzt wurden, die nun ihrerseits die weiteren Beobachtungen trübte. Moldenhawer glaubte nämlich, daß die Zellen und Gefäße durch ein äußerst feines Netzwerk von Fäserchen umsponnen und zusammengehalten werden; in manchen Fällen glaubte er diese Fasern wirklich zu sehen, für solche sprach er auch die Verdickungsleisten der bekannten Zellen von Sphagnum an; und was fast noch mehr Wunder

nehmen muß, er scheint auch die verdickten Längs- und Querkanten von Zellen und Gefäßen für solche Fasern gehalten zu haben. Der üble Eindruck dieser Theorie mußte noch dadurch erhöht werden, daß Moldenhawer sein Phantasiegebilde von Fasernetzen, welche die Zellen und Gefäße zusammenhalten sollen, mit dem längst anders gebrauchten Namen Zellengewebe belegte, während er das Parenchym selbst als zelligte Substanz bezeichnete eine Nomenclatur, in welcher ihm glücklicherweise Niemand gefolgt ist, die aber gewiß dazu beigetragen hat, Moldenhawer's große Verdienste um die Phytotomie später in Mißkredit zu bringen.

Seine „Beiträge zur Anatomie der Pflanzen" zerfallen in zwei Hauptabschnitte, deren erster von den Umgebungen der Spiralgefäße, der zweite von diesen selbst handelt.

Im ersten werden die Theile des Gefäßbündels im Maisstamme, bezüglich ihrer Lagerung und Gesammtform sehr gut beschrieben; zunächst die aus stark verdickten Fasern bestehende Hülle des ganzen Bündels richtig erkannt, die eigene Membran jeder dieser Zellen und ihre allseitige Geschlossenheit hervorgehoben, ihre Aehnlichkeit mit dem Bast und den faserigen Elementen des dikotylen Holzes betont. Gelegentlich wird auch der gefächerten Holzzellen und der reihenförmig geordneten Holzparenchymzellen gedacht. — Unter dem Namen der fibrösen Röhren faßte er die Zellen der Sklerenchymscheide vieler Gefäßbündel, den ächten Bast und die Holzfasern zusammen, welch' letztere nach Moldenhawer dem Coniferenholze fehlen. Das nachträgliche Dickenwachsthum der Rinde und des Bastes erläuterte er an der Weinrebe, wo er auch die Markkrone und die Spiralgefäße derselben richtig erkannte; bei krautigen Dikotylen fand er die Gefäßbündel aus einem Bast- und einem Holztheil zusammengesetzt und den compacten Holzkörper der eigentlichen Holzpflanzen ließ er durch Verschmelzung der Holztheile dieser einzelnen Bündel entstehen.

Bei der Behandlung des parenchymatischen Zellgewebes wird die von Sprengel und Treviranus angenommene

Entstehung junger Zellen aus Inhaltskörnern der älteren mit Nachdruck und guten Gründen abgewiesen, ebenso die Wolff-Mirbel'sche Theorie beseitigt, gegen Mirbel noch ganz besonders hervorgehoben, daß die Trennung fibröser Röhren auch da noch möglich sei, wo auf dem Querschnitt zwischen ihnen keine Grenzlinie zu sehen ist. Ebenso wie bei den dickwandigen sei auch bei den dünnwandigen Parenchymzellen die Scheidewand doppelt und die Zellhaut allseitig geschlossen. „Nach diesen Beobachtungen, fährt er p. 86 fort, besteht also die zelligte Substanz aus einzelnen verschlossenen, kugelrunden, ovalen oder mehr oder weniger länglichen, fast cylindrischen Schläuchen, welche durch den gegenseitigen Druck auf einander eine eckige und abgeplattete, den Bienenzellen ähnelnde regelmäßige oder eine mehr oder weniger unregelmäßige Gestalt annehmen; ein solches Aggregat einzelner Zellen (und darin hat er allerdings ganz Recht) hat nichts Gemeinschaftliches mit einem Gewebe, und der Name Zellgewebe scheint daher weniger anpassend zu sein als der Name der zelligten, aus zellenförmigen Schläuchen bestehenden, Substanz." — Weiterhin wird dann die Existenz sichtbarer Löcher in den Zellwandungen gegen Mirbel abgewiesen, und hervorgehoben, daß die Saftbewegung derselben nicht bedürfe. Da sich zwischen Mirbel und seinen Gegnern der Streit um die Porosität der Zellwände auch gleichzeitig auf die Spaltöffnungen der Oberhaut ausdehnte [1]), insoferne man nämlich die Spalten derselben als Oeffnungen in der als einfache Haut gedachten Epidermis annahm, so ging Moldenhawer bei dieser Gelegenheit genauer auf die Anatomie der Spaltöffnungen ein, von denen er die ersten naturgetreuen Beschreibungen und Abbildungen lieferte, indem er besonders zeigte, daß die Spalte nicht, wie die meisten bisherigen Beobachter glaubten, von einem einfachen Hof umgeben sei, sondern zwischen zwei Zellen liegt, daß also diese Spalte in keiner Weise als ein Beispiel der Porosität der Zellwände betrachtet werden

---

[1]) Ueber die noch nach 1812 bestehenden Zweifel betreffs der Spaltöffnung vgl. Mohl's Ranken und Schlingpflanzen 1827 p. 9.

könne, wie Mirbel geglaubt hatte; es mag hier eingeschaltet werden, daß der letztere später die Spaltöffnungen sogar für kurze, breite Haare hielt; erst Amici 1824 und Treviranus 1821 zeigten an Querschnitten der Spaltöffnungen deren wahren Bau, der dann viel später von Mohl genau untersucht wurde. Auch Moldenhawer beschäftigte sich bei Gelegenheit dieser Untersuchung mit der von Comparetti zuerst beobachteten und von den deutschen Phytotomen mehrfach besprochenen, auch in neuester Zeit mehrfach untersuchten Fähigkeit der Spaltöffnungen, sich abwechselnd zu öffnen und zu schließen. Dies Alles bei Gelegenheit der Tüpfelbildung an den Zellwänden, über deren wahre Natur Moldenhawer jedoch nicht in's Reine kam.

Wie für seine Vorgänger und viele Nachfolger sind auch für Moldenhawer die sogenannten eigenthümlichen Gefäße (vasa propria) ein Stein des Anstoßes, insofern er unter diesem Namen durch die Aehnlichkeit der Säfte verleitet, Gebilde der verschiedensten Art zusammenfaßt: auf eine sehr gute Beschreibung des Weichbastes im Gefäßbündel der Maispflanze folgen die Milchsaftschläuche von Musa, die Milchzellen von Asclepias die er falsch deutet, die richtiger erkannten Milchgefäße von Chelidonium. Alle diese vasa propria nahm Moldenhawer für zelligte Gefäße, welche aus in einander geöffneten Schläuchen bestehen; sehr gut aber werden von ihnen die Terpentingänge unterschieden und einer derselben von der Kiefer richtig abgebildet, doch nimmt er innerhalb der den Kanal umgrenzenden Zellreihen noch eine besondere den Gang auskleidende Haut an. Endlich geht er auf die Interzellularräume über, welche er als Lücken in der zelligten Substanz auffaßt und an Musa und Nymphaea erläutert. Die schon von Treviranus entdeckten, das Parenchym durchziehenden engen Zwischenräume beachtete Moldenhawer nicht weiter.

In dem zweiten Abschnitt von den Spiralgefäßen werden zunächst alle im Gefäßbündel der Maispflanze enthaltenen Gefäße als Spiralgefäße zusammengefaßt, die verschiedenen Formen derselben aber gut unterschieden und besonders darauf hingewiesen,

daß an einer und derselben Gefäßröhre in verschiedenen Theilen ihres Verlaufs Ringe und Spiralen vorkommen, was übrigens bereits Bernhardi entdeckt hatte. Die Isolirung der Gefäße gibt ihm Gelegenheit die Zusammensetzung derselben aus verschieden langen Gliedern besser als seine Vorgänger zu sehen, er beweist ausführlich die Existenz einer geschlossenen dünnen Gefäßmembran, deren Verdickungen er jedoch wie Hedwig auf der Außenseite sitzen läßt. Die Schwierigkeiten der gehöften Tüpfel hat Moldenhawer ebensowenig, wie später Mohl und Schleiden überwunden; auch hier war es erst die Entwicklungsgeschichte, welche Auskunft über den wahren Bau dieser Gebilde gab (Schacht 1860).

Es wurde schon in der Einleitung hervorgehoben, daß Moldenhawer die erste Periode des zwischen 1800 und 1840 liegenden Zeitraums gewissermaßen abschließt, nicht nur insoferne die Mehrzahl der bisher ventilirten Fragen bei ihm zu einem gewissen Abschluß gelangt, sondern auch äußerlich, indem auf seine Beiträge nunmehr eine Reihe von Jahren folgt, innerhalb deren ein namhafter Fortschritt auf dem Gebiet der Phytotomie nicht zu verzeichnen ist; zwar wurde in Kieser's „Grundzügen der Anatomie der Pflanzen" 1815 eine zusammenhängende Darstellung der ganzen Phytotomie versucht, die aber nicht nur nichts wesentlich Neues bot, sondern sich ganz in den unfruchtbaren Redensarten der damaligen Naturphilosophie bewegte, und selbst so grobe Irrthümer, wie Hedwig's Lehre von lymphatischen Gefäßen im Gewebe der Epidermis, wieder aufwärmte, die Moose aus Confervenfäden bestehen ließ. Eine wirkliche Bereicherung der Phytotomie war dagegen in Treviranus 1821 erschienen vermischten Schriften, besonders Betreffs der Epidermis enthalten, ebenso in Amici's Entdeckung 1823, daß die Interzellularräume der Pflanzen nicht Saft, sondern Luft enthalten und daß ebenso die Gefäße vorwiegend Luft führen. Die nach 1812 und vor 1830 fallenden weiteren Publikationen Mirbel's, Schultze's, Link's, Turpin's u. a. können wir hier ruhig übergehen, da es uns nicht auf

eine Schilderung der Literaturzustände überhaupt, sondern auf den Nachweis wirklicher Fortschritte ankommt.

Mit dem Ende der zwanziger Jahre beginnt die Thätigkeit Meyen's und Mohl's und im Lauf der dreißiger Jahre sind beide die weit überwiegenden Hauptvertreter der Phytotomie, wenn auch immerhin 1835 eine in vieler Beziehung verdienstliche Arbeit Mirbel's über die Marchantia polymorpha und die Pollenbildung von Cucurbita fällt. Selbst ein so umfangreiches Werk wie Treviranus' „Physiologie der Gewächse" 1835—1838, in welchem auch die ganze Phytotomie behandelt wird, können wir hier ruhig übergehen, da in demselben trotz mancher verdienstlicher Einzelheiten die Phytotomie doch wesentlich unter den schon vor 1812 eröffneten Gesichtspuncten wieder vorgetragen wird; dieses umfangreiche und durch seine Literaturnachweisungen sehr brauchbare Werk war leider schon zur Zeit seines Erscheinens veraltet, denn schon seit 1828 war in die Behandlung der Phytotomie mit Mohl's Arbeiten ein ganz anderer Geist eingetreten.

Die beiden Männer, welche seit dem Schluß der zwanziger Jahre bis 1840 als die Hauptvertreter der Phytotomie gelten dürfen, Meyen und Mohl, stellen sich aber in ihrer Bedeutung für unsere Wissenschaft sehr verschieden dar. Man kann den wesentlichen Unterschied vielleicht nicht treffender bezeichnen, als wenn man darauf hinweist, daß Meyen's phytotomische Arbeiten gegenwärtig nur noch historisches Interesse beanspruchen können, während auch die ältesten anatomischen Untersuchungen Mohl's von 1828—1840 noch keineswegs veraltet sind, noch jetzt als Quellen unseres phytotomischen Wissens gelten, aus welchen jeder noch heute schöpfen muß, der irgend einen Theil der Phytotomie weiter bearbeiten will. Meyen's Ansichten schließen sich überall trotz seiner zahlreichen eigenen Untersuchungen, dem in der Göttinger Preisfrage vertretenen Gedankenkreise an, obwohl er in seinen Beobachtungen weit über diesen, selbst über Moldenhawer hinausgeht; für Mohl dagegen waren selbst anfangs die phytotomischen Ansichten jener Männer nicht mehr

maßgebend; selbst Moldenhawer und Treviranus gegenüber nahm er sofort eine ganz selbstständige Stellung; länger dauerte es allerdings, bis es ihm gelang, sich auch von der Autorität Mirbel's ganz frei zu machen. Aus den hier angegebenen Gründen und weil Meyen's Thätigkeit schon 1840 durch den Tod unterbrochen wurde, während Mohl noch dreißig Jahre länger die Phytotomie fördern half, werde ich hier zuerst von Meyen's Thätigkeit berichten.

Meyen [1]) zeichnete sich durch eine außerordentliche Fruchtbarkeit als Schriftsteller aus. Schon mit 22 Jahren schrieb er eine Abhandlung de primis vitae phaenomenis in fluidis 1826; zwei Jahre später anatomisch-physiologische Untersuchungen über den Inhalt der Pflanzenzellen und schon 1830 erschien sein Lehrbuch der Phytotomie, welches die ganze Disziplin auf Grund eigener Untersuchungen und mit zahlreichen, für jene Zeit recht schönen Abbildungen auf 13 Kupfertafeln behandelt. Seine schriftstellerische Thätigkeit wurde sodann durch eine in den Jahren 1830 — 32 ausgeführte Weltumseglung unterbrochen, um in den letzten vier Jahren seines Lebens 1836 — 1849 zu einer unglaublichen Produktivität sich zu steigern; man begreift kaum, wo Meyen die Zeit hernahm, um auch nur die mechanische Seite derselben zu bewältigen; denn 1836 erschien seine von der Teyler'schen Gesellschaft in Harlem gekrönte Preisschrift über die neuesten Fortschritte der Anatomie und Physiologie der Gewächse, ein Quartband von 319 Seiten mit 22 Kupfertafeln; die letzteren sind schön gezeichnet, die stylistische Darstellung gewandt, der Inhalt des Werkes freilich

---

[1]) Franz Julius Ferdinand Meyen geb. zu Tilsit 1804, gest. als Professor zu Berlin 1840. — Er widmete sich anfangs der Pharmazie, ging dann aber zur Medicin über und promovirte 1826, worauf er mehrere Jahre ärztliche Praxis trieb; 1830 trat er, mit Instruktionen A. v. Humboldt's versehen, eine Weltumsegelung an, von der er 1832 zurückkehrte und reiche Sammlungen mitbrachte; 1834 wurde er Professor zu Berlin. Auf seine physiologischen Arbeiten komme ich später zurück. (Biographisches in Flora 1745 p. 618).

ziemlich flüchtig behandelt. Schon ein Jahr später, 1837 erschien der erste Band seines „neuen Systems der Pflanzenphysiologie“, dem bis 1839 die beiden anderen folgten, ein ebenfalls an neuen Beobachtungen und Abbildungen reiches Werk. Gleichzeitig mit diesen Arbeiten, 1836—39 gab er ausführliche, einen stattlichen Band füllende Jahresberichte über die Resultate der Arbeiten im Felde der physiologischen Botanik heraus, nachdem er 1837 eine Preisschrift über die Sekretionsorgane und 1836 einen Grundriß der Pflanzengeographie publicirt hatte; 1840 erschien eine Abhandlung über Befruchtung und Polyembryonie und außerdem hinterließ er die nach seinem Tode 1841 publicirte Pflanzenpathologie. Das Quantum dieser zwischen 1836 und 1840 herausgegebenen, wenn auch theilweise schon vorher vorbereiteten Arbeiten ist so außerordentlich groß, daß der Verfasser den innern Zusammenhang der Thatsachen und diese selbst im Einzelnen unmöglich reiflich durchdacht haben kann. Das Studium seiner Werke zeigt aber auch vielfach Ueberstürzung in der Aufstellung neuer Ansichten, in Zurückweisung oder Aufnahme fremder Behauptungen; die Darstellung ist zwar übersichtlich und fließend, von ächt naturwissenschaftlichem Geist getragen; allein der Ausdruck ist oft ungenau, die Gedanken nicht selten unreif; häufig wird das principiell Wichtige über unbedeutenden Nebendingen übersehen. Diesen durch die rasche Produktion bedingten Fehlern gegenüber ist aber ganz besonders als Vorzug Meyen's hervorzuheben, daß er für Alles in der Phytotomie ein offenes Auge hatte, Nichts unbeachtet ließ und immer darauf ausging, die Wissenschaft als ein zusammenhängendes Ganze übersichtlich darzustellen, den Leser allseitig zu orientiren, um so die Phytotomie und Physiologie auch weiteren Gelehrtenkreisen zugänglich zu machen; in diesem Sinne sind auch seine schön und gewandt gezeichneten mikroskopischen Bilder zu rühmen; diese bieten dem Leser nicht, wie in den früheren phytotomischen Werken, kleine Bruchstücke, sondern ganze Gewebemassen im Zusammenhang so, daß man einen Einblick in die Lagerung der verschiedenen Gewebesysteme und ihrer Beziehungen unter einander gewinnt.

Ganz auffallend ist es, wie sehr sich Meyen's Zeichnungen von 1836 denen von 1830 gegenüber vervollkommnet haben, obgleich er in beiden Fällen dasselbe Mikroskop und die gleiche Vergrößerung von 220 benutzte.

Um zu erfahren, was Meyen zur Förderung der Phytotomie ganz selbständig beigetragen hat, müssen wir uns an seine „Phytotomie" von 1830 wenden; denn in seinen späteren Werken, besonders auch im neuen „System der Physiologie" von 1837 konnte er bereits die ersten durchschlagenden Arbeiten Mohl's benutzen, die nothwendig auf seine späteren Ansichten einwirken mußten, wenn Meyen auch immerhin mehr als Rivale und Opponent Mohl's auftrat und diesem gegenüber nicht nur Treviranus und Link, sondern auch einen Kieser u. dergl. wie gleichberechtigte Capacitäten behandelte. Wie er in seinen späteren Schriften Mohl's Leistungen widerwillig anerkannte, die fundamentale Bedeutung derselben übersah, so trat er in seiner früheren Phytotomie 1830 auch vielfach gegen Moldenhawer auf, um ihm gegenüber die Autorität Link's zur Anerkennung zu bringen und mit Verwunderung liest man im ersten Bande des neuen Systems eine Widmung an Link, wo dieser als „Gründer der deutschen Pflanzenphysiologie" bezeichnet wird. Die Stellung eines Gelehrten zu seiner ganzen Wissenschaft findet ihren einfachsten und bestimmtesten Ausdruck sicherlich in seinem Urtheil über die Verdienste seiner Zeitgenossen und Vorgänger; das eben Gesagte läßt daher schon schließen, daß Meyen noch in der Hauptsache in dem Gedankenkreise der Göttinger Preisschrift sich bewegte, ohne die Bedeutung der von Moldenhawer und Mohl bereits eröffneten Gesichtspuncte klar zu erkennen; wenn auch immerhin zugegeben werden muß daß Meyen in der von Link betretenen Bahn selbständig weit über diese hinausging.

Käme es darauf an, eine Biographie Meyen's zu verfassen, so müßten wir allen seinen genannten Werken folgen und zeigen, wie sich seine Ansichten nach und nach klärten; für unsern Zweck genügt es jedoch, das Eigenartige in der Gesammtauf-

fassung der phytotomischen Probleme bei Meyen hervorzuheben; diese tritt aber am deutlichsten in seiner mehrerwähnten „Phytotomie" von 1830 hervor, und da dieselbe auch in seinen sieben Jahre später erschienenen ersten Bande des „neuen Systems" der Hauptsache nach festgehalten ist, so können wir unserer historischen Betrachtung jenes Werk zu Grunde legen und dies um so mehr, als uns eine ausführliche Würdigung seiner späteren Arbeit in weitläufige Diskussionen über sein wissenschaftliches Verhältniß zu Mohl verwickeln müßte. Es kommt mir hier also weniger auf eine Würdigung der wissenschaftlichen Persönlichkeit Meyen's, als vielmehr darauf an, zu zeigen, wie im Jahre 1830, als Mohl eben erst angefangen hatte, sich der Phytotomie zu widmen ohne aber noch einen bedeutenden Einfluß auf die Literatur zu üben, die Ansichten über die Struktur der Pflanze bei einem Manne sich gestalteten, der mit entschiedenem Talent und großem Eifer dem Studium derselben sich hingab; wir gewinnen so einen Maßstab für das, was in den nächsten zehn Jahren vorwiegend durch Mohl, zum Theil durch Mirbel zu Tage gefördert wurde. Bei der Beurtheilung seiner „Phytotomie" (1830), deren Grundanschauungen im Folgenden vorgeführt werden sollen, ist übrigens nicht zu vergessen, daß Meyen, als er sie schrieb, 25—26 Jahre alt war und daß für einen so jungen Mann eine solche Leistung immer hin eine sehr beträchtliche war.

Von den Elementarorganen der Pflanze nahm Meyen drei Grundformen an: Zellen, Spiralröhren und Lebenssaftgefäße; durch Vereinigung gleichartiger Elementarorgane entstehen Systeme von solchen, es giebt also ein Zellensystem, ein Spiralröhrensystem und ein System von Lebenssaftgefäßen (Gefäßsystem). Schon an dieser Eintheilung sieht man, wie eng sich Meyen noch 1830 an die Vorstellungen, welche vor Moldenhawer sich gebildet hatten, anschließt. Die Aufstellung der genannten Systeme ist gegenüber der bereits von Moldenhawer deutlich erkannten Unterscheidung von Gefäßbündeln und Zellgewebe geradezu ein Rückschritt. Jedes der Meyen'schen Systeme wird nun ausführlicher behandelt und dann ihre Gesammtgruppirung

beschrieben. Großen Werth legte Meyen (auch später noch) auf die verschiedenen Habitusformen des Zellgewebes, für welche er die Namen Merenchym, Parenchym, Prosenchym, Pleurenchym einführte. Diese Formen bezeichnet er als das regelmäßige Zellgewebe, dessen Zellformen geometrischen Körpern ähnlich sind, im Gegensatz zu den unregelmäßigen Gewebe der Tange, Flechten und Pilze. Ein entschiedener Fortschritt ist es, der auch Meyen's spätere Arbeiten charakterisirt, daß er schon hier neben der Struktur des festen Zellhautgerüstes in einem besonderen Kapitel den Inhalt der Zellen behandelt, wo zunächst die gelösten Stoffe, dann die körnigen Gebilde organischer Struktur besprochen werden; zu letzteren gehören freilich nicht nur die Stärkekörner, Chlorphyllbläschen und dergl., sondern auch die Samenthierchen in den Pollenkörnern einerseits, und andererseits die auf der Innenseite der Zellwände vorspringenden Verdickungsschichten, z. B. die Spiralbänder in den Schleuderzellen der Jungermanien u. dergl. m. Auch die Krystallbildungen in Pflanzenzellen werden ausführlich besprochen und schließlich die Bewegung des Zellinhaltes („Saftes") behandelt, wo außer den von Corti schon beobachteten Charen auch noch verschiedene andere Wasserpflanzen mit kreisendem Inhalt genannt werden. — Auch das Capitel über die Interzellularräume zeigt einen beträchtlichen Fortschritt über die um 1812 geltenden Ansichten hinaus, das Capitel führt den Titel: „Ueber die durch Aneinanderfügung der Zellen entstandenen Räume im Zellgewebe;" es werden hier die eigentlichen Interzellulargänge, welche mit Luft erfüllt sind, von den Sekretionsbehältern, den Harz-, Gummi-, Oelgängen und den höhlenartigen Sekretionsbehältern unterschieden. Eine dritte Form von Zwischenräumen des Gewebes bilden die großen Luftgänge und Lücken, wie sie zumal bei den Wasserpflanzen vorkommen. Meyen's mit Zellgewebe angefüllte Luftkanäle im Holz der Eichen sind offenbar mit Tüllen erfüllte Gefäße. — Die Form der Zellen im Gewebe läßt Meyen nicht durch gegenseitigen Druck entstehen, auch weist er Kieser's Ansicht ab, wonach die Form eines langgezogenen Rhombendodekanders die ideale Grundform der

Zellen sein soll. Dagegen scheint ihm eine bedeutungsvolle Aehnlichkeit der Zellenformen mit den Absonderungsgestalten der Basalte vorhanden zu sein.

Bei der Behandlung des Systems der Spiralröhren wird zuerst die Spiralfaser besprochen, die entweder ganz frei zwischen den Zellen erscheint oder auch im Inneren von Zellen; ein entschiedener Rückschritt gegenüber Bernhardi's und Treviranus' alten Arbeiten. Die Spiralröhren sind ihm (p. 225) cylinder- oder kegelförmige Gebilde, welche durch die spiralförmig gewundene Faser dargestellt werden, um welche sich erst später eine feine Haut bilde. Als metamorphosirte Spiralröhren faßt er die Ringgefäße, netzförmig verdickten und punktirten Röhren zusammen. Seine Auseinandersetzung über diese kann man nicht wohl anders verstehen, als daß er wirklich eine zeitliche Metamorphose im Sinne Rudolphi's und Link's annahm; obgleich er später im „neuen System" I p. 140 dies für ein Mißverständniß erklärt, wobei man aber auch wieder nicht ins Reine kommt, wie er es meint; wie in der Morphologie der Organe verfehlte die Unklarheit der Metamorphosenlehre eben auch in der Phytotomie nicht, Mißverständnisse hervorzurufen. Nur die gestreiften und punctirten Gefäße im Holze läßt Meyen Luft, die eigentlichen Spiralgefäße aber Saft führen. Daß die Gefäße aus Zellen entstehen, was Mirbel bereits behauptet, Treviranus wenigstens zum Theil beobachtet hatte, wird von Meyen nur unbestimmt und schüchtern angedeutet.

Die verschiedenen Formen der milchsaftführenden Organe werden als „das Circulationssystem der Pflanzen" behandelt; in ihm sieht er das Höchste, was die Pflanze hervorbringt, indem er mit Schultz fest überzeugt ist, daß der Michsaft oder wie auch er ihn nennt, der Lebenssaft, in beständiger Cirkulation, wie das Blut in den Adern begriffen sei. Die Art und Weise des Verlaufs der milchführenden Organe dagegen wird viel übersichtlicher als früher dargestellt, im Ganzen aber mehr Sorgfalt auf die Natur des Milchsaftes, als auf die Struktur seiner Behälter verwendet. Daß diese letzteren zum Theil durch Zellfusion

entstehen, andere Interzellularräume darstellen, noch andere lange, verzweigte Zellen sind, war Meyen unbekannt, wie auch den späteren Phytotomen bis in die sechziger und siebziger Jahre hinein.

Diese gedrängte Inhaltsübersicht von Meyen's „Phytotomie" zeigt ein auffallendes Gemenge von Fortschritten und Rückschritten gegenüber dem, was vor ihm geleistet war: neben der schon von Treviranus festgestellten Thatsache, daß die Epidermis nicht blos aus einem Häutchen, sondern aus einer Zellenschicht besteht, was Meyen zugiebt, finden wir den großen Irrthum, daß er die Schließzellen der Spaltöffnungen als Hautdrüsen betrachtet, deren Spalte er ganz als Nebensache behandelt. Noch auffallender aber ist, daß Meyen die verschiedenen Tüpfelbildungen der Zellhäute noch 1830 als Erhöhungen derselben behandelt, indem er die zwei Jahre vorher von Mohl festgestellte Thatsache, daß die Tüpfel des Parenchyms dünnere Stellen sind, ausdrücklich zurückweist (p. 120).

Daß Meyen später in seinem „neuen System", dessen ganzer erster Band die Phytotomie ausführlich, aber im Ganzen nach demselben Schema wie hier behandelt, zahlreiche Irrthümer berichtigt, viele neue Beobachtungen beibringt, überhaupt vielfache Fortschritte erkennen läßt, braucht kaum besonders hervorgehoben zu werden; auf manche seiner späteren Ansichten jedoch kommen wir im besseren Zusammenhang im Folgenden zurück; hier sei nur erwähnt, daß Meyen auch später den Zellinhalt mehr als seine Zeitgenossen beachtete, besonders die strömende Bewegung ausführlich beobachtete, ohne jedoch das Substrat derselben, das Protoplasma, in seiner Eigenartigkeit zu erkennen. Die Zellhaut, welche Meyen früher für strukturlos gehalten, ließ er später aus feinen Fasern bestehen, eine Ansicht, welche auf richtigen aber nicht hinreichend verfolgten Wahrnehmungen beruhte und später von Mohl und Nägeli berichtigt wurde.

Es ist nicht wohl möglich, einen schärferen Gegensatz zwischen zwei, die gleiche Wissenschaft bearbeitenden Männern zu denken,

als den zwischen Meyen und seinem viel bedeutenderen Zeitgenossen Hugo Mohl: Meyen war mehr Schriftsteller als Forscher; Mohl schrieb verhältnißmäßig wenig in langer Zeit, die er der sorgfältigsten Untersuchung widmete; Meyen beachtete gewissermaßen nur den Habitus, den Gesammteindruck der mikroskopischen Bilder, Mohl kümmerte sich um diesen wenig und ging überall auf die Grundlagen, auf den wahren inneren Zusammenhang der Strukturverhältnisse zurück; Meyen war mit seinem Urtheil bald fertig, Mohl verschob dasselbe nicht selten auch nach langer Untersuchung; Meyen war wenig zur Kritik, wenn auch immerhin zur Opposition geneigt; bei Mohl überwog das kritische Moment bei Weitem das constructive Denken. Meyen hat weniger zur definitiven Beantwortung der wesentlichen Fragen beigetragen, als vielmehr die mannigfaltigsten Erscheinungen an's Licht gezogen, so zu sagen Rohmaterial angehäuft; Mohl dagegen ging gleich von vornherein darauf aus, das Grundwesentliche im Zellenbau der Pflanzen aufzusuchen, die verschiedenen anatomischen Thatsachen zur Aufstellung eines einheitlichen Schema's zu verwerthen.

Auf Hugo Mohl's [1]) hervorragende Bedeutung für die

---

[1]) Hugo Mohl (später H. von M.) geb. zu Stuttgart 1805, gest. als Professor der Botanik zu Tübingen 1872. Er war der Sohn eines württembergischen hohen Staatsbeamten; der Staatsmann Robert Mohl, der Orientalist Julius, der Nationalökonom Moritz Mohl sind seine Brüder. — Der Unterricht auf dem Gymnasium zu Stuttgart, welches er 12 Jahre lang besuchte, beschränkte sich auf die alten Sprachen; Mohl's früh erwachte Vorliebe für Naturgeschichte, Physik und Mechanik fand ihre Befriedigung daher in eifrigen Privatstudien. Seit 1823 studirte er in Tübingen Medicin, wo er 1828 promovirte. Ein nun folgender mehrjähriger Aufenthalt in München brachte ihn in Verkehr mit Schrank, Martius, Zuccarini, Steinheil und bot ihm reiches Untersuchungsmaterial für seine Arbeiten über Palmen, Farne und Cycadeen. Schon 1832 folgte er einem Ruf als Professor der Physiologie nach Bern; nach Schübler's Tode wurde er 1835 Professor der Botanik in Tübingen, wo er, verschiedene Berufungen ablehnend, bis zu seinem Tode blieb. Zur Einsamkeit geneigt und nur seiner Wissenschaft lebend, blieb er unverheirathet. Seine äußere

Geschichte nicht nur dieses, sondern auch des folgenden Zeitraums ist schon oben hingewiesen worden. Indem er gewöhnlich die schon bisher bearbeiteten Fragen der Phytotomie aufnahm, besonders das feste Zellstoffgerüst der Pflanzen zum Gegenstand der eingehendsten Untersuchung machte und in dieser Beziehung die Bestrebungen seiner Vorgänger zum Abschluß brachte, legte er so zugleich einen festen Grund, auf welchem die später von Nägeli begründeten entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen vorgenommen werden konnten. An die früheren Phytotomen schließt Mohl auch insofern an, als bei ihm die Untersuchung der Strukturverhältnisse sich meist in Zusammenhang mit physiologischen Fragen bewegt; ein großer Unterschied aber tritt freilich darin hervor, daß er sich jederzeit darüber klar war, daß durch physiologische Ansichten das Urtheil über sichtbare Strukturverhältnisse nicht beirrt werden darf; seine sehr gründlichen physiologischen Kenntnisse benutzte er vorwiegend dazu, seinen anatomischen Untersuchungen eine bestimmtere Richtung zu geben, den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion der Organe zu beleuchten; kaum bei einem anderen Phytotomen war das Verhältniß von physiologischer und anatomischer Forschung ein so gesundes und fruchtbares, wie bei ihm, dem die völlige Abtrennung der Phytotomie von der Physiologie ebenso fremd war, wie das ungeregelte Ineinandergreifen beider, durch welches seine Vorgänger, besonders auch Meyen, zu Mißgriffen verleitet wurden.

Bei seinen anatomischen Forschungen kam ihm eine seltene technische Kenntniß des Mikroskops zu statten; er selbst verstand Linsen zu schleifen und zu fassen, welche den Vergleich mit den

---

Lebensgeschichte war, wie de Bary sagt, die einfachste: von erster Jugend an glückliche Tage, durch keinerlei ernstes Mißgeschick, von keinem außergewöhnlichem Ereigniß bewegt. — Mohl war in allen Gebieten der Botanik zu Hause und weit darüber hinaus ein vielseitig und gründlich gebildeter Mann, ein Naturforscher in der besten Bedeutung des Wortes. — Eine sehr hübsche biographische Skizze aus de Bary's Feder findet sich botan. Zeitg. 1872 Nr. 31.

besten ihrer Zeit nicht zu scheuen brauchten. Bei der geringen Bekanntschaft mit dem Mikroskop, welche in den dreißiger und vierziger Jahren unter den meisten Botanikern noch herrschte, war daher Niemand besser als Mohl geeignet, in kleinen Aufsätzen über die praktischen Vorzüge eines Instrumentes zu belehren, Vorurtheile zu beseitigen und schließlich in seiner „Mikrographie“ 1846 eine ausführliche Anweisung zur Handhabung des Mikroskops zu geben.

Viel wichtiger war jedoch die geistige Begabung Mohl's, welche gerade in der Zeit der dreißiger und vierziger Jahre für die Anforderungen der Pflanzenanatomie kaum glücklicher gedacht werden kann. In jener Zeit, wo man auf ungenaue Beobachtungen phantastische Theorien baute, wo Gaudichaud das Dickenwachsthum des Holzes wieder in der von Wolff und Du Petit-Thouars angenommenen Art stattfinden ließ, wo noch Desfontaines' Ansicht vom endogenen und exogenen Wachsthum der Stämme geglaubt wurde, wo Mirbel seine alte Theorie von der Entstehung der Zellen durch neue Beobachtungen und schöne Bilder zu stützen suchte, wo Schultz Schultzenstein die abenteuerlichsten Ansichten über die Milchsaftgefäße von der pariser Akademie mit einem Preis gekrönt sah, wo Schleiden's voreilige Zellentheorie und Befruchtungslehre mit großem äußeren Erfolg auftrat, war es Mohl, der immer wieder auf die genaue Beobachtung zurückging, leichtsinnig aufgestellten Theorien durch sorgfältige monographische Arbeiten den Boden entzog und gleichzeitig eine Summe wohl constatirter Thatsachen zu Tage förderte, an welche die weitere ernste Forschung anknüpfen konnte. Jene Theorien haben längst kaum noch ein historisches Interesse, die damals entstandenen Arbeiten Mohl's aber sind noch jetzt eine reiche Fundstätte von brauchbaren Beobachtungen und wahre Muster klarer Darstellung.

Seiner schriftstellerischen Thätigkeit ging ein sorgfältiges Studium aller botanischen Disciplinen und der nöthigen Hilfswissenschaften voraus. Daß er dabei nicht bloß Kenntnisse

sammelte, sondern die Studien auch dazu benutzte, seine Verstandeskräfte einer strengen Dressur zu unterwerfen, das zeigt schon die auffallende Sicherheit und Klarheit in der Darstellung seiner ersten Untersuchungen. In jener Zeit, wo die Naturphilosophie und die entstellte Goethe'sche Metamorphosenlehre noch fortwucherte, trat Mohl trotz seiner Jugend mit einer Ruhe und Unbefangenheit an die Gegenstände seiner Forschung heran, die besonders dann auffällt, wenn man beachtet, wie sein Freund Unger anfangs ganz in jene Strömung gerieth und nur langsam es dahin brachte, sich auf den festen Boden ächt induktiver Forschung zu retten.

Mohl war wohl in Folge der Uebertreibungen und Verirrungen, welche er in seiner Jugend an der Naturphilosophie kennen lernte, aller Philosophie abhold, indem er offenbar die unförmlichen Auswüchse der Schelling'schen und Hegel'schen Lehren für etwas der Philosophie Wesentliches hielt, wie man leicht aus seiner Rede bei Eröffnung der naturhistorischen Fakultät in Tübingen, welche auf sein Betreiben von der philosophischen abgetrennt worden war, entnehmen kann. Seine Abneigung gegen die Abstraktionen der Philosophie hing offenbar zusammen mit der gegen weitgehende Combinationen und gegen umfassende Theorien, auch da, wo solche sich aus genauen Beobachtungen durch sorgfältige Schlußfolgerungen ergeben. Mohl begnügte sich gewöhnlich mit der Feststellung der Thatsachen im Einzelnen und seine theoretischen Folgerungen hielten sich möglichst eng an das direkt Gesehene, so z. B. seine Theorie des Dickenwachsthums der Zellhäute und wo sich ihm in Folge seiner genauen Beobachtung weitere Fernsichten eröffneten, da hielt er gewöhnlich vorsichtig inne, begnügte sich mit Andeutungen, wo später kühnere Denker ihre Forschung erst aufnahmen; so z. B. bei seiner Untersuchung der Zellhäute im polarisirten Licht. Es war daher wenig Geniales und Schwunghaftes in Mohl's wissenschaftlicher Thätigkeit; dafür entschädigte aber mehr als hinreichend der sichere, feste Boden, den er dem Leser seiner Arbeiten überall darbietet; wenn man von der Lektüre der vor 1844

publicirten phytotomischen Arbeiten Anderer zu denen Mohl's übergeht, so ist hier in der That der vorwiegende Eindruck der der Sicherheit; man hat das Gefühl, daß er richtig gesehen haben müsse, weil schon die Art seiner Darstellung als eine ganz natürliche und gewissermaßen nothwendige sich giebt, um so mehr als er selbst jeden möglichen Zweifel hervorhebt und, wenn er ihn nicht zu beseitigen weiß, als solchen bestehen läßt. In dieser Art gleicht Mohl's Darstellung der Moldenhawer's, nur daß sie bei Mohl sich zu einer Meisterschaft entwickelt, welche diesem noch fehlte.

Mit Mohl's Abneigung gegen weitgehende Abstraktionen und philosophische Betrachtung der Beobachtungsergebnisse hing es offenbar zusammen, daß er in einer mehr als vierzigjährigen unausgesetzten Thätigkeit als Phytotom doch niemals dazu kam, eine übersichtliche, zusammenhängende Darstellung der ganzen Phytotomie zu geben. Mohl's Thätigkeit erschöpfte sich in monographischen Arbeiten, welche gewöhnlich an Tagesfragen anknüpften oder sonst durch den Zustand der Literatur hervorgerufen wurden. Da sammelte er dann die ganze Literatur über die betreffende Frage, kritisirte diese und schälte endlich den wahren Kern der Frage heraus, die er nun durch seine eigenen Beobachtungen zu beantworten suchte. Für letztere sah sich Mohl jedesmal zunächst nach den geeignetsten Objekten um, was außer Moldenhawer die Früheren gewöhnlich versäumt hatten; ein solches Objekt studirte er dann sehr gründlich, um später schwierigere Gegenstände in den Kreis der Untersuchung hineinzuziehen. So lieferte jede derartige Monographie gewissermassen einen Typus, an welchen sich später eine größere Zahl von weiteren Beobachtungen anschließen konnte. In einer sehr langen Reihe von gründlichen Monographien behandelte Mohl schließlich alle wichtigeren Fragen der Phytotomie.

Die außerordentliche Sorgfalt der Beobachtung reichte aber auch bei einem so ruhigen Forscher, wie Mohl es war, wenigstens in seinen früheren Jahren nicht hin, ihn vor einigen sehr starken Mißgriffen zu schützen, wie solche in seiner ersten Theorie

der Interzellularsubstanz 1836 und in seiner frühesten Ansicht über die Natur der Pollenzellhaut 1834 sich finden. Diese und einige andere Mißgriffe eines so begabten rein induktiven Forschers sind lehrreich, insofern sie zeigen, daß Beobachtung ohne jede theoretische Grundlage überhaupt psychologisch unmöglich ist; es ist eine Täuschung, zu glauben, ein Beobachter könne die Erscheinungen in sich aufnehmen etwa wie ein photographisches Papier das Bild; vielmehr trifft die sinnliche Wahrnehmung immer schon auf vorhandene Ansichten des Beobachters, auf Vorurtheile, mit welchen sich die Wahrnehmung unwillkürlich verknüpft. Das einzige Mittel, Irrthümern in dieser Beziehung zu entgehen, liegt darin, daß diese Vorurtheile zu klarem Bewußtsein erhoben, ihre logische Brauchbarkeit geprüft, die vorhandenen Begriffe scharf definirt wurden. Als Mohl seine Theorie von der Interzellularsubstanz aufstellte, schwebten ihm offenbar unbestimmte, halb unbewußte Vorstellungen von der Art vor, wie Wolff und Mirbel sie vom Zellenbau der Pflanzen hegten; und als er die Pollenzellhaut aus einer Zellenschicht bestehen ließ, subsummirte er unklare Strukturverhältnisse derselben dem damals noch sehr unklaren Begriff Zelle. Als ächter Naturforscher, der sich überall streng an die Ergebnisse der weiteren Beobachtung hält, seine Begriffe durch dieselbe zu klären sucht, der jeder Ansicht nur einen relativen Werth einräumt, kam Mohl indessen über diese Irrthümer bald hinaus und er selbst lieferte die Beweise für die Unrichtigkeit seiner früheren Behauptung. Uebrigens ist, verglichen mit der sehr großen Zahl seiner Untersuchungen die Anzahl wirklich irriger Angaben außerordentlich gering.

Betrachten wir Mohl's Bedeutung für die gesammte Entwicklung der Phytotomie, so können wir in seiner wissenschaftlichen Laufbahn deutlich genug zwei Perioden erkennen, deren erste von 1827 bis ungefähr 1845 reicht. Vor 1845 war er unbestritten der größte Phytotom, allen Mitstrebenden entschieden überlegen; seine Autorität, obwohl von Unbedeutenderen vielfach angefochten, wuchs von Jahr zu Jahr. Einen gewissen Ab-

schluß findet diese Periode in der Herausgabe seiner „vermischten Schriften“ 1845. Bis dahin waren es ganz vorwiegend Untersuchungen über die Form des festen Zellhautgerüstes der Pflanzen, welche das phytotomische Interesse in Anspruch nahmen und auf diesem Gebiet gab es keinen, der sich damals mit Mohl messen konnte. Doch hatte er schon in den dreißiger Jahren angefangen, die Entwicklungsgeschichte der Pflanzenzellen zu studiren: 1833 beschrieb er die Entwicklung der Sporen der verschiedensten Kryptogamen, 1835 die Vermehrung der Zellen durch Theilung bei einer Alge, 1838 auch bei der Entwicklung der Spaltöffnungen; in diese Zeit fallen auch die ersten Beobachtungen Mirbel's über die Entstehung der Pollenzellen (1833). Auch war Mohl der erste, wenn man nämlich von den ziemlich unvollkommenen Andeutungen über die Entstehung der Gefäße bei Treviranus 1806 und 1811 absieht, der die Entwicklungsgeschichte der Gefäße feststellte; und seine Theorie des Dickenwachsthums der Zellhäute, deren Grundzüge schon in seiner Abhandlung über die Poren des Zellgewebes 1828 enthalten sind, darf ebenfalls als eine entwicklungsgeschichtliche Auffassung der Sculpturverhältnisse der Zellhaut gelten.

Schon seit 1838 hatte Schleiden nicht nur überhaupt die Entwicklungsgeschichte ganz in den Vordergrund der botanischen Forschung gestellt, sondern auch eine durchaus verfehlte Theorie der Zellbildung zu Tage gefördert, welcher Mohl troß seiner älteren viel besseren Beobachtungen wenigstens anfangs seinen Beifall nicht versagte; viel entschiedener aber und mit nachhaltigerem Erfolg bearbeitete Nägeli seit 1842 die Entwicklungsgeschichte der Pflanzenzellen und der Gewebesysteme sowohl, wie der äußeren Organe. Durch ihn wurden ganz neue Momente in die phytotomische Forschung eingeführt und bald zeigte sich, daß auch die bisher bearbeiteten Fragen einer anderen Fassung bedurften. Mohl entzog sich der neuen Richtung nicht, er lieferte sogar eine Reihe ausgezeichneter Untersuchungen, welche sich den neuen Fragen der Zellbildungstheorie anschlossen, so vor Allem seine Arbeiten über das Protoplasma, dem er den

jetzt gebräuchlichen Namen gab; in seiner Abhandlung, „die vegetabilische Zelle", welche 1851 in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie erschien, gab Mohl sogar eine ausgezeichnete Darstellung der neueren Zellbildungstheorie; trotz alldem und trotz der großen Autorität, welche Mohl bis tief in die sechziger Jahre hinein mit Recht genoß, war er doch nicht mehr in demselben Sinne wie vor 1845 der die Richtung bestimmende Führer auf dem Gebiet der Phytotomie.

Zu allen Zeiten war es das feste Gerüst der Pflanzenstruktur in seinem fertigen Zustand, was Mohl's Beobachtungseifer vorwiegend in Anspruch nahm, wenn auch immerhin eine Reihe seiner wichtigsten Arbeiten dem Studium des Zellinhalts gewidmet war.

Abgesehen von seiner Anatomie der Palmen (1831), wo er viele, zum Theil sogar unnöthige Mühe auf histologische Habitusbilder verwendete, sind Mohl's mikroskopische Zeichnungen nicht auf den Gesammteffekt, sondern nur darauf gerichtet, das Verständniß seiner Strukturverhältnisse der einzelnen Zellen und ihrer Verbindung durch möglichst einfache Linien klar zu legen. Die später von Schacht eingeführte, zum Theil an Spielerei grenzende Herstellung von mehr künstlerisch ausgestatteten mikroskopischen Bildern verschmähte Mohl jederzeit und in seinen späteren Publikationen wurden die Abbildungen immer sparsamer oder ganz weggelassen in dem Maße, als es mehr und mehr gelang, auch schwierige Strukturverhältnisse durch Worte klar zu machen.

Bei dem außerordentlichen Reichthum von Mohl's wissenschaftlicher Thätigkeit ist es nicht leicht, dem Leser ein anschauliches Bild derselben vorzuführen, aber doch nöthig, wenigstens ihre Hauptergebnisse übersichtlich zusammenzufassen, um in allgemeinen Zügen Mohl's historische Bedeutung für unsere Wissenschaft darzustellen; mit Uebergehung mancher für die Hauptfragen der Phytotomie unwesentlichen Abhandlungen, werde ich hier nur die den Bau des festen Gerüstes der Pflanzenstruktur betreffenden Leistungen hervorzuheben suchen, da sich seine ent-

wicklungsgeschichtlichen Untersuchungen erst im Zusammenhang mit den im folgenden Kapitel zu behandelnden Fragen in ihrer historischen Bedeutung verstehen lassen. Doch beschränke ich mich dabei keineswegs auf Mohl's Leistungen vor 1845, obgleich ich dadurch vielfach genöthigt bin, Arbeiten zu erwähnen, welche der zeitlichen Reihenfolge nach erst dem folgenden Zeitraum, ja beinahe der Gegenwart angehören.

1. Die Zelle als alleiniges Grundelement der Pflanzenstruktur war zwar schon von Sprengel und Mirbel behauptet, aber nicht auf genaue Beobachtungen gestützt worden. Auch hatte schon Treviranus gezeigt, daß die Gefäße im Holz durch reihenweise Verbindung zellenähnlicher Schläuche entstehen, ohne jedoch diese Wahnehmung auch später zu voller Klarheit durchzuführen. Andererseits stand der Annahme, daß die Pflanze ganz und gar aus Zellen bestehe, noch lange die sonderbare alte Ansicht entgegen, wonach die Spiralfaser ein selbständiges Grundorgan der Pflanzenstruktur sein sollte, eine Ansicht, die Meyen 1830 noch vertrat. Als der wahre Begründer des so höchst wichtigen Satzes, daß nicht nur die faserförmigen Elemente des Bastes und Holzes, die man längst als gestreckte Zellen betrachtete, sondern auch die Gefäße des Holzes aus Zellen entstehen, ist Mohl zu betrachten und wir dürfen in dieser Beziehung großes Gewicht auf seine eigene Behauptung legen, er sei der Erste gewesen, welcher die Entstehung der Gefäße aus Reihen geschlossener Zellen erkannt habe; diese Entdeckung fällt schon in das Jahr 1831, wo er in seiner Abhandlung über die Struktur des Palmenstammes die entscheidenden Beobachtungen, wenn auch kurz, doch deutlich beschrieb. Er sah damals die Scheidewände an den Einschnürungen der Gefäße, deren Existenz von fast allen früheren Phytotomen geleugnet worden war: „Diese Scheidewände weichen, sagt er von den übrigen Membranen der Pflanzen durchaus ab, indem sie von einem Netz dicker Fasern, welche Oeffnungen zwischen sich lassen, gebildet sind.“ Die Entwicklungsgeschichte dieser Gefäße studirte er sowohl an Palmen, wie an dikotylen Pflanzen:

„Im jungen Triebe finde man an den Stellen, an welchen später die großen Gefäße liegen, vollkommen geschlossene, große cylindrische Schläuche, die aus einen wasserhellen, sehr zarten Membran bestehen.“ Er zeigt nun, wie nach und nach auf der Innenseite der Schläuche die den Gefäßwandungen eigene Skulptur entsteht und erwähnt bei dieser Gelegenheit, daß von einer zeitlichen Metamorphose einer Gefäßform in eine andere durchaus keine Rede sein kann, wie auch Treviranus schon und Bernhardi behauptet hatten. „Auf ganz analoge Weise (wie die Seitenwandungen der Gefäße) bilden sich auch die Scheidewände (Querwände) aus; bei diesen geht aber meistens die ursprüngliche, zarte Membran mit der Zeit in den Maschen des Fasernetzes zu Grunde.“ Seitdem ist an dieser Auffassung der Gefäße im Holz von keinem urtheilsfähigen Phytotomen mehr gezweifelt worden. Es ist aber auffallend genug, daß Mohl, der einen so großen Werth auf den Nachweis, daß die Zelle die alleinige Grundlage der Pflanzenstruktur sei, legte, diesen Nachweis doch niemals auf die Milchgefäße und anderer Sekretionskanäle ausgedehnt hat, um zu zeigen, ob und wie auch diese aus Zellen entstehen; noch 1851 („vegetabilische Zelle“) bezweifelte er Unger's Behauptung, daß auch die Milchsaftgefäße aus reihenweise geordneten, mit einander verschmelzenden Zellreihen sich bilden und hielt die Ansicht eines Ungenannten (bot. Zeitg. 1846 p. 833), wonach die Milchsaftgefäße häutige Auskleidungen von Lücken des Zellgewebes seien, für richtiger. Ihm mochte wohl der Geschmack an der Untersuchung dieser und ähnlicher Sekretionsorgane verdorben sein, nachdem Schultz Schultzenstein seit 1824 durch seine verschiedenen Abhandlungen über den sogenannten Lebenssaft und den von ihm behaupteten Kreislauf desselben dieses Gebiet der Phytotomie zu einem wahren Sumpf von Irrthümern gemacht und sich nicht gescheut hatte, Mohl, der ihm mehrfach entgegentrat, in unanständigster Weise zu erwidern; zudem wurde Schultz's von Unsinn strotzende Schrift: „Ueber die Circulation des Lebenssaftes“ 1833 von der Pariser Akademie mit einem Preis gekrönt.

2. **Das Dickenwachsthum der Zellhaut** und ihre dadurch entstandene Skulptur war ein die meisten Arbeiten **Mohl's** durchziehendes Thema. Schon 1828 in seiner ersten Arbeit über „die Poren des Pflanzengewebes" hatte er die Grundzüge seiner Ansicht entwickelt. Die Art, wie er auch später noch das Dickenwachsthum der Zellhäute sich vorstellte, läßt sich ungefähr in folgender Weise aussprechen: Alle Elementarorgane der Pflanze sind ursprünglich sehr dünnwandige, vollkommen geschlossene Zellen, die innerhalb des Gewebes durch dopelte Wandlamellen von einander getrennt sind [1]), an diesen primären Zellmembranen lagern sich, nachdem ihre Umfangszunahme aufgehört hat, auf der Innenseite neue Schichten von Hautsubstanz ab, die einander schalenartig umgeben, unter sich fest verbunden sind und die Gesammtheit der sekundären Verdickungsschichten darstellen; auf der Innenseite dieser so durch Apposition verdickten Haut ist gewöhnlich [2]) noch eine anders beschaffene tertiäre Verdickungsschicht zu erkennen. Die schichtenweise Ablagerung auf der ursprünglichen Zellhaut findet jedoch an einzelnen, scharf umschriebenen Stellen, der Zellhaut nicht statt, an diesen ist die Zelle auch später noch durch die primäre Membran allein begrenzt; diese dünnen Stellen der Zellhaut sind es, welche den Namen Tüpfel führen, welche **Mirbel** und zum Theil **Moldenhawer** für Löcher gehalten hatten, die aber nach **Mohl** nur in sehr seltenen Ausnahmsfällen durch Resorption der primären, dünnen Wand wirklich in Löcher verwandelt werden. Dieser Theorie entsprechend entstehen die Spiral- Ring- und Netzgefäße durch entsprechend geformte Ablagerung auf der Innenseite der ursprünglich glatten, dünnen Wand. Wie **Schleiden** und andere Phytotomen kam jedoch auch **Mohl**

[1]) Doch äußerte Mohl schon 1844 (botan. Zeitung p. 340) Zweifel über diesen Punkt.

[2]) Diese tertiäre Schicht wurde zuerst allgemein von **Theodor Hartig**, dann mit Einschränkung von **Mohl** 1844 angenommen.

weder über die Entstehung noch über die Bildung der fertigen, gehöften Tüpfel in's Reine; man ließ an den entsprechenden Stellen die beiden Lamellen der doppelten Scheidewand so aus- einander weichen, daß ein linsenförmiger Hohlraum zwischen beiden entstand, welcher dem äußeren Hofe des Tüpfels entsprach während der innere Hof desselben auf gewöhnlicher Tüpfelbildung beruhte. Diese durch die Entwicklungsgeschichte als falsch nach- weisbare Ansicht entsprang in der That aus ungenauer Beob- achtung, ein bei Mohl seltener Fall, übrigens wurde der wahre Sachverhalt bei der Bildung der gehöften Tüpfel erst 1860 von Schacht aufgefunden.

Es wurde oben erwähnt, daß Meyen in seinem „neuen System der Physiologie" 1837 (I p. 45) die Zellhäute aus spiralig gewundenen Fasern zusammengesetzt sein ließ; Mohl hatte schon 1836 an gewissen langen Faserzellen von Vinca und Nerium Strukturverhältnisse beschrieben, welche man vor- läufig in dieser Weise deuten konnte; durch Meyen's Auffassung der Sache veranlaßt, kam Mohl 1837 noch einmal ausführlich auf die feineren Strukturverhältnisse der Zellhaut zurück; er klärte zunächst die Frage, indem er diejenigen Fälle, wo wirklich spiralförmige Verdickungen auf der Innenseite der Haut verlaufen, von denen unterschied, wo die an der Oberfläche glatte Haut doch eine feine, in Form spiraliger Linien sichtbare innere Struktur zeigt; für diese Fälle nahm er eine eigenthümliche Lagerung der Zellstoffmoleküle an, indem er die Möglichkeit eines derartigen Verhaltens an der Spaltbarkeit der Krystalle zu versinnlichen suchte (Vermischte Schriften p. 329); indeß gelang es ihm noch nicht diese feinsten Strukturverhältnisse, die wir jetzt als die Streifung der Zellhaut bezeichnen, so klar zu legen, wie es später Nägeli im Zusammenhang mit seiner Molekulartheorie gethan hat.

3. Im engsten Zusammenhang mit Mohl's Theorie des Dickenwachsthum der Zellhäute stand die Frage nach ihrer Sub- stanz und chemischen Natur; Mohl beschäftigte sich schon 1840 ausführlich mit den Reaktionen, welche verschie-

dene Zellhäute mit Jodlösung unter verschiedenen Verhältnissen ergeben, eine Frage, welche in den letzten Jahren durch Meyen und Schleiden verschieden beantwortet worden war; Mohl kam zu dem Resultat, daß das Jod den vegetabilischen Zellhäuten je nach der Menge, in welcher es aufgenommen wird, sehr verschiedene Farben ertheilt; eine geringe Menge erzeuge gelbe oder braune, eine größere violette, eine noch größere blaue Färbung; zum Theil hänge dieß von der Quellungsfähigkeit der Haut ab; zumal beruhe die blaue Färbung hauptsächlich darauf, daß eine hinreichende Menge Jod eingelagert wird. Größeres Interesse gewann die Frage nach der chemischen Natur des festen Gerüstes des Pflanzenkörpers, jedoch erst durch eine sehr wichtige Arbeit von Payen 1844 [1]), worin derselbe nachwies, daß die Substanz aller Zellhäute, wenn sie von fremden Einlagerungen gereinigt sind, die gleiche chemische Zusammensetzung zeigt. Nach Payen's Ansicht ist dieser Stoff, die Cellulose, in den jungen Zellhäuten ziemlich rein vorhanden, in den älteren dagegen durch „inkrustirende Substanzen" verunreinigt, deren Anwesenheit die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Zellhäute in verschiedener Weise verändert. Diese inkrustirenden Substanzen können durch Behandlung der Zellhäute mit Säuren, Alkalien, Alkohol, Aether mehr oder weniger vollständig ausgezogen werden, während andere, unorganische Stoffe nach der Verbrennung der Häute als Aschenskelett zurückbleiben. Dieser gegenwärtig weiter ausgebildeten Theorie trat bald darauf Mulder mit der Behauptung entgegen, daß ein großer Theil der die Zellhäute zusammensetzenden Schichten von Anfang an aus anderen Verbindungen und nicht aus Cellulose bestehe; zugleich leitete Mulder aus dieser Behauptung Folgerungen über das Dickenwachsthum der Zellhäute ab. Er

---

[1]) Anselm Payen geb. 1795 zu Paris, gest. 1871 war Professor der industriellen Chemie an der Pariser école des arts et métiers. Seine für die Botanik wichtigen Abhandlungen waren: Mémoire sur l'amidon etc. Paris 1839 und besonders mém. sur le dévéloppement des végétaux in den Memoiren der Pariser Akademie.

und Harting behaupteten, auf mikroskopische Untersuchungen gestützt, daß die innerste tertiäre Schicht verdickter Häute die älteste sei, auf deren Außenseite die anderen nicht aus Zellstoff bestehenden Schichten abgelagert werden. Dieser Ansicht trat nun Mohl in der botanischen Zeitung 1847 entschieden und siegreich entgegen, ebenso wies er („Vegetabilische Zelle" p. 192) die auf unklaren chemischen Begriffen ruhende Ansicht Schleiden's von der verschiedenen Substanz der Zellhäute zurück.

Es würde uns viel zu weit führen, wollten wir hier ausführlicher auf diesen wissenschaftlichen Streit eingehen; Payen's von Mohl adoptirte und weiter ausgebildete Ansicht von der chemischen Natur der Pflanzenzellhaut hat sich bisher erhalten und gilt allgemein als die richtige; Mohl's Theorie des Dickenwachsthums dagegen wurde später (1858) durch Nägeli's Wachsthumstheorie in ihren Grundlagen erschüttert und man darf wohl sagen, in der Hauptsache für immer beseitigt. Nichts desto weniger war aber Mohl's Theorie des Dickenwachsthums der Zellhäute für die Entwicklung unserer Ansichten vom Zellenbau der Pflanzen von großem Nutzen: indem sie sich an die unmittelbar sichbaren Verhältnisse ganz eng anschloß, war sie zugleich geeignet, fast alle Skulpturverhältnisse der Zellwände unter einen einheitlichen Gesichtspunct zu bringen und ihre Entstehung auf ein allgemeines und sehr einfaches Schema zurückzuführen: jede derartige Theorie ist für den Fortschritt der Wissenschaft schon, weil sie die gegenseitige Verständigung erleichtert, von großem Nutzen, der sich in diesem Fall sofort zeigte, als Nägeli seine tiefer gefaßte Theorie der Intussuception aufstellte; das Verständniß dieser letzteren wird ganz wesentlich erleichtert, wenn man vorher die Mohl'sche Theorie in ihren Grundlagen und Consequenzen genau kennen gelernt hat. — Zum Schluß sei hier noch erwähnt, daß Mohl später (Bot. Zeitung 1861) in seiner Untersuchung über das Vorkommen der Kieselsäure in den Zellhäuten einen sehr reichhaltigen und folgenreichen Beitrag zur Kenntniß der feineren Struktur der Zellhäute,

und der Art, wie inkrustirende Substanzen sich in diese ablagern, lieferte.

4. In enger Verbindung mit den älteren Theorien der Zellbildung, aber im Widerspruch mit der noch jetzt geltenden, 1846 von Nägeli begründeten Zellenlehre, standen in den zwanzig Jahren von 1836—1856 die Ansichten der Phytotomen über die sogenannte Interzellularsubstanz. Mohl selbst hatte diesen Begriff in einer seiner früheren und weniger guten Abhandlungen: „Erläuterung meiner Ansicht von der Struktur der Pflanzensubstanz“ 1836 zuerst in die Wissenschaft eingeführt, mehr im Widerspruch, als im Zusammenhang mit seiner eigenen Theorie von dem Wachsthum und der Struktur der Zellhäute. Von den schwer zu beurtheilenden, zum Theil ganz eigenartigen Zellhautbildungen mancher Algen ausgehend, glaubte Mohl auch bei den höheren Pflanzen zwischen den scharf umschriebenen, die Zellräume umgrenzenden Häuten, die er für die ganzen Zellhäute hielt, in vielen Fällen eine Substanz wahrzunehmen, in welche die Zellen eingelagert sind, wenn diese Zwischensubstanz massenhaft auftritt; während sie nur als dünne Schicht, wie ein Kitt erscheint, wenn sie in geringer Menge zwischen den einander drückender Zellen liegt. Nachdem sich schon Meyen im neuen System“ 1837 (p. 162 u. 174) gegen diese Ansicht erklärt hatte, kam auch Mohl selbst mehr und mehr vor derselben zurück, er schränkte das Vorkommen der Interzellularsubstanz später auf gewisse Fälle ein, da er sich überzeugte, daß Vieles, was er früher für solche gehalten hatte, nur aus „sekundären Verdickungsschichten“ bestehe, zwischen welchen er noch die primären Lamellen der Zellhäute hindurchlaufen sah. Uebrigens wurde von anderen Phytotomen, zunächst von Unger (bot. Zeit. 1847 p. 289), später aber ganz besonders von Schacht die Theorie der Interzellularsubstanz aufgenommen und weiter ausgebildet; als Gegner derselben trat jedoch Wigand (Bot. Unters. 1854 p. 67) auf, indem er in konsequenter Fortbildung der Mohlschen Zellhauttheorie die dünnen Schichten der Interzellularsubstanz ebenso wie die von Mohl zuerst richtig unterschiedene

Cutikula als primäre Zellhautlamellen in Anspruch nahm, deren Substanz eine tief greifende chemische Veränderung erlitten habe. — Auch diese Ansichten von der Interzellularsubstanz und der Cutikula mußten übrigens eine wesentlich andere Gestalt annehmen, als Nägeli seine Intussuceptionstheorie aufstellte.

Bei der hier gebotenen Kürze der Darstellung müssen diese Notizen genügen, um Mohl's Bedeutung für die Ausbildung der Zellentheorie, soweit dieselbe den Bau des festen Zellhautgerüstes betrifft, anzudeuten; auf seine Beobachtungen über die Entstehung der Zellen selbst komme ich später noch zurück.

5) Gewebeformen und vergleichende Anatomie. Die schwächste Seite der Phytotomie bis in die dreißiger Jahre hinein lag in der Classifikation der Gewebeformen, in der Auffassung ihrer Gruppirung und demzufolge in der histologischen Nomenclatur. Die darin liegenden Uebelstände machten sich besonders dann geltend, wenn es darauf ankam, den anatomischen Bau verschiedener Pflanzenklassen, der Cryptogamen, Coniferen, Monokotylen und Dikotylen zu vergleichen, die wahren Unterschiede und wirklichen Uebereinstimmungen derselben festzusetzen. Wie wenig die Phytotomie in dieser Richtung noch fortgeschritten war, zeigt sich deutlich in der von Meyen noch 1837 im neuen System gegebenen Darstellung. Es gehört mit zu den Verdiensten Mohl's, daß er schon in seinen früheren Arbeiten mehr als es seine Zeitgenossen thaten, Werth auf eine natürliche und zweckmäßige Unterscheidung der verschiedenen Gewebeformen, auf eine richtige Auffassung ihrer Gruppirung legte und so nicht nur die Orientirung im Gesammtbau der höheren Pflanzen erleichterte, sondern auch die wissenschaftliche Vergleichung der Struktur verschiedener Pflanzenklassen ermöglichte.

Wie lange vorher Moldenhawer, so faßte auch Mohl von vornherein die Gefäßbündel in ihrer Eigenartigkeit den übrigen Gewebemassen gegenüber richtig auf, indem auch er dabei von den Monokotylen ausging; schon in seiner 1831 erschienenen Abhandlung über die Struktur der Palmen und nicht

minder in seinen späteren Untersuchungen über die Stämme der Baumfarne, der Cycadeen und Coniferen, sowie der eigenthümlichen Stammformen von Isoetes und Tamus elephantipes die man in seinen vermischten Schriften von 1845 zusammengestellt findet, ist die richtige Auffassung der Gefäßbündel als eigenartiger Systeme verschiedener Gewebeformen die Ursache der Klarheit und Verständlichkeit seiner Darstellung, durch welche sich Mohl's Behandlung dieser Gegenstände der bisherigen Literatur gegenüber (Moldenhawer ausgenommen) als eine ganz neue zu erkennen gibt. Sind diese Arbeiten Mohl's auch durch die späteren entwicklungsgeschichtlichen Studien anderer überholt, so waren sie doch ihrerzeit gewissermassen der feste Kern, an welchen sich die weiteren vergleichenden Untersuchungen über die Struktur zumal der Stämme anlehnen konnten. Zu einer richtigen Einsicht in den Bau derselben mußte zunächst beitragen, daß Mohl an Moldenhawer anknüpfend, in den Gefäßbündeln den Holztheil und den Basttheil unterschied und beide als wesentliche Constituenten eines ächten Gefäßbündels betrachtete; nicht minder wichtig waren Mohl's Untersuchungen über den Längsverlauf der Gefäßbündel im Stamm und Blatt und die Hervorhebung der Thatsache, daß bei den Phanerogamen die im Stamm verlaufenden Stränge nur die unteren Enden derselben Gefäßbündel sind, deren obere Enden in die Blätter hinausbiegen, sowie der Nachweis, daß in dieser Beziehung die Monocotyledonen und Dicotyledonen übereinstimmen, wenn auch die Art des Gefäßbündelverlaufs bei beiden namhafte Unterschiede darbietet. Ein bedeutendes Ergebniß erzielte er in dieser Beziehung schon in seiner Untetsuchung über die Palmenstämme 1831, wo er die Unrichtigkeit der von Desfontaines aufgestellten, von De Candolle sogar zur Systematik verwertheten Unterscheidung eines endogenen und exogenen Dickenwachsthums nachwies. Nach Desfontaines sollte das Holz der Monocotylen in Form zerstreuter Bündel auftreten, von denen diejenigen, welche oben in die Blätter auslaufen, aus dem Centrum des Stammes herkommen. Aus dieser sehr unvollständigen Beobachtung hatte er

die Ansicht abgeleitet; daß die Gefäßbündel der Monocotylen im Centrum des Stammes entstehen und daß dieß so lange stattfinde, bis die älteren erhärteten Bündel im Umkreis desselben eine so feste Scheide bilden, daß sie dem Andrange der jüngeren widerstehen, womit dann jedes weitere Dickenwachsthum desselben aufhören müsse, und daß hierin die säulenförmige Gestalt des monocotylen Stammes begründet sei. Diese Lehre fand allgemeine Billigung und wurde von De Candolle dazu benutzt, die Gefäßpflanzen überhaupt in endogene und exogene einzutheilen, wie denn überhaupt in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts vielfach die Neigung hervortrat, die großen Gruppen des Pflanzenreichs durch anatomische Charaktere zu unterscheiden. Zwar zeigte schon Du Petit-Thouars, daß manche monocotylen Stämme ebenfalls unbegrenzt in die Dicke wachsen, es gelang ihm aber ebensowenig, wie den späteren Beobachtungen Mirbel's jene Theorie zu erschüttern, deren Anhänger in solchen Fällen außer dem Centralwachsthum auch noch ein peripherisches annahmen. Da klärte Mohl in der genannten Abhandlung den wahren Verlauf der Gefäßbündel im monocotylen Stamm vollständig auf, womit die ganze Theorie des endogenen Wachsthums sofort für jeden Urtheilsfähigen beseitigt wurde, wenn auch immerhin manche, selbst hervorragende Systematiker den alten Irrthum noch lange conservirten. — Was Mohl in der vergleichenden Anatomie der Stämme leistete, stützte sich vorwiegend auf eine sorgfältige Beobachtung der fertigen Gewebemassen, und wo er auf die Entwicklungsgeschichte zurückging, da pflegte er doch nicht bis auf die allerersten lehrreichsten Entwicklungsphasen zurückzugreifen; diesem Umstand ist es zuzuschreiben, daß es ihm nicht gelang, die wahre Uebereinstimmung und Verschiedenheit im Bau der Baumfarne und anderer Gefäßkryptogamen den Phanerogamen gegenüber vollständig klar zu legen; nicht minder blieb er auf halbem Wege stehen, als es sich darum handelte, das nachträgliche Dickenwachsthum der dikotylen Stämme aus der Natur ihrer Gefäßbündel und der Entstehung des Cambiums zu er-

klären; die weniger auf Beobachtung, als auf ideeller Schematisirung beruhende Darstellung des Dickenwachsthums, welche er noch 1845 (Verm. Schr. p. 153) gab, ist in hohem Grade unklar, und selbst seine 1858 in der botanischen Zeitung veröffentlichte Abhandlung über die Cambialschicht des Phanerogamenstammes, wo er die neueren Lehren Schleiden's und Schacht's kritisirt, läßt an Klarheit sehr viel zu wünschen übrig, wenn auch immerhin seine Ansichten wesentliche Fortschritte den früheren gegenüber darbieten; zu einem genügenden Abschluß Betreffs des Dickenwachsthums des Holzkörpers und der Rinde kam es erst später, als man auch die Histologie der Pflanzen durchaus entwicklungsgeschichtlich zu behandeln anfing.

Wie Mohl die Eigenartigkeit der Gefäßbündel den anderen Gewebemassen gegenüber von vornherein betonte und festhielt, so erkannte er auch in der Epidermis und den verschiedenen Formen des Hautgewebes etwas durchgreifend Eigenthümliches und mehr, als bei jenen, gelang es ihm hier, zu voller Klarheit durchzudringen. Vor Mohl's Arbeiten hatte man von der Epidermis und den verschiedenen anderen Formen des Hautgewebes höchst unklare Vorstellungen; das Beste und Wichtigste, was wir gegenwärtig davon wissen, hat Mohl nachgewiesen. Ganz besonders wichtig wurden seine Untersuchungen über die Entstehung und wahre Form der Spaltöffnungen 1838 und 1856, sowie über die Cutikula und ihr Verhältniß zur Epidermis 1842 und 1845; ganz neue Thatsachen förderte Mohl durch seine Untersuchungen über die Entwicklung des Korkes und der Borke 1836 zu Tage; diese Gewebeformen waren bis dahin kaum jemals sorgfältig untersucht, ihre Entstehung und Beziehung zur Epidermis und zum Rindengewebe völlig unbekannt. In der genannten Abhandlung, einer seiner besten, wurde zuerst die Verschiedenheit des aus Kork bestehenden Periderms und der wahren Epidermis dargethan, die verschiedenen Formen des Periderms beschrieben, und die merkwürdige Thatsache festgestellt, daß die Bildung der Borkeschuppen durch die Entstehung feiner Korklamellen veranlaßt wird, durch welche nach und nach immer

tiefer liegende Theile der Rinde außer Zusammenhang mit dem übrigen lebendem Gewebe gesetzt werden, während sie selbst absterbend sich zu einer rauhen Kruste anhäufen, welche als Borke die meisten dicken Baumstämme umgiebt. Die Untersuchung war so gründlich und umfassend, daß spätere Beobachter, besonders Sanio 1860, nur noch feinere entwicklungsgeschichtliche Verhältnisse nachzutragen vermochten. Noch in demselben Jahr erschien auch die Untersuchung über die Lenticellen, wo Mohl jedoch übersah, was gleichzeitig Unger entdeckte (Flora 1836), daß diese Gebilde unter den Spaltöffnungen entstehen; dafür berichtigte er aber sogleich die abenteuerliche Annahme Unger's, wonach die Lenticellen ähnliche Gebilde, wie die Keimkörnerhaufen der Jungermannien-Blätter sein sollten; Unger seinerseits zögerte nicht, Mohl's Deutung der Lenticellen als lokaler Korkbildungen anzunehmen.

Bei der scharfen Hervorhebung der Eigenartigkeit der Gefäßbündel, sowie der verschiedenen Hautgewebeformen von Seiten Mohl's muß es Wunder nehmen, daß er ebensowenig, wie die späteren Phytotomen, das Bedürfniß empfand, auch die noch übrigen Gewebemassen in ihrer eigenthümlichen Gruppirung als ein Ganzes, als ein eigenartiges Gewebesystem aufzufassen, die verschiedenenen Gewebeformen desselben zu klassificiren und zweckmäßig zu benennen, wozu ihm gerade die Untersuchung der Baumfarne eine Veranlassung hätte bieten können. Mohl begnügte sich ebenso wie die gleichzeitigen Phytotomen, Alles, was nicht Epidermis, Kork oder Gefäßbündel ist, als Parenchym zu bezeichnen, ohne diesen Ausdruck scharf zu umgrenzen.

Wir verlassen hiemit Mohl's Thätigkeit einstweilen, um im folgenden Capitel noch wiederholt auf seine Betheiligung an dem weiteren Fortschritt der Phytotomie zurückzukommen. Man kann sich Mohl's Bedeutung für die Geschichte unserer Wissenschaft vielleicht am besten dadurch klar machen, daß man es versucht, die hier genannten Leistungen desselben als überhaupt gar nicht existirend zu betrachten; es würde in diesem Falle in der neueren phytotomischen Literatur eine ganz ungeheure Lücke ent-

stehen, die nothwendig erst von anderen hätte ausgefüllt werden müssen, bevor der weitere Ausbau der entwicklungsgeschichtlichen Zellen- und Gewebelehre stattfinden konnte; kaum denkbar ist, wie sich die späteren Fortschritte, denen wir die jetzige Form der Pflanzenanatomie verdanken, ohne Mohl's vorgängige Leistungen etwa an die Auffassungen Meyen's, Link's und Treviranus' hätten anschließen sollen.

Viertes Capitel.

Entwicklungsgeschichte der Zelle, Entstehung der Gewebeformen, Molecularstructur der organisirten Gebilde.

1840 — 1860.

Es war schon in den dreißiger Jahren bekannt, daß die alten Zellbildungstheorien von Wolff, Sprengel, Mirbel und Anderen nicht auf directe genaue Beobachtung gestützt, sondern nur auf unbestimmte Wahrnehmungen hin eine ungefähre Vorstellung von der Entstehung der Zellen geben sollten. Schon im Laufe der dreißiger Jahre wurden aber wirklich verschiedene Fälle der Neubildung von Zellen genau beobachtet, zum Theil von Mirbel, vorwiegend aber von Mohl, der nicht nur verschiedene Arten der Sporenbildung, sondern auch schon 1835 den ersten Fall von vegetativer Zelltheilung beschrieb. Diese an sich sehr guten Beobachtungen hatten jedoch das Mißliche, daß sie gerade solche Fälle der Zellbildung betrafen, welche bei der gewöhnlichen Vermehrung der Zellen in wachsenden Organen nicht vorkommen und Mohl hütete sich, aus seinen Beobachtungen an Fortpflanzungszellen und an einer wachsenden Fadenalge eine allgemeine Theorie der Zellbildung zu entwickeln: auch Mirbel war so vorsichtig, die Bildung der Pollenzellen, ebenso wie die bei der Keimung der Sporen von ihm angenommmene nur als besondere Fälle aufzufassen, indem er für die Entstehung der gewöhnlichen Gewebezellen seine alte Theorie festhielt.

Nicht so verfuhr Schleiden; nachdem er 1838 die freie Zellbildung im Embryosack der Phanerogamen ungenau beobachtet hatte, baute er darauf sofort eine Bildungstheorie der Zelle, welche in allen Fällen, besonders auch in wachsenden Organen allgemeine Geltung haben sollte. Die große Bestimmtheit, mit welcher Schleiden diese Theorie aussprach und jeden Einwand schroff beseitigte, sowie das bedeutende Ansehen, welches sein Name im Anfang der vierziger Jahre genoß, verfehlten nicht, seiner Theorie sofort Eingang in weiten Kreisen zu verschaffen und selbst die bedeutendsten Vertreter der Phytotomie, anfangs auch Mohl nicht ausgenommen, gestanden ihr eine gewisse Berechtigung zu. Indessen handelte es sich hier um ein Gebiet, wo theoretische Erwägungen erst in zweiter Linie maßgebend sind, wo dagegen directe und vielfältige Beobachtung bei sorgfältiger Präparation und mit starker Vergrößerung die Basis aller weiteren Forschung bildet. Unger zeigte so, daß die Vorgänge am Vegetationspunct des Stammes mit Schleiden's Zellbildungstheorie schwer vereinbar sind, worin ihm auch der Engländer Henfrey beitrat; mit Energie und Consequenz aber ergriff zuerst Nägeli die ebenso wichtige als schwierige Frage, wie die Zellen in den Fortpflanzungsorganen und bei dem Wachsthum der vegetativen entstehen, inwieweit hierin die niederen Kryptogamen mit den Gefäßpflanzen übereinstimmen; anfangs von der Annahme ausgehend, daß Schleiden's Theorie in der Hauptsache richtig sei, führten ihn jedoch schon 1846 seine sehr ausgedehnten Untersuchungen zu dem Ergebniß, daß sie vollständig aufgegeben werden müsse und Nägeli selbst lieferte die Grundzüge der gegenwärtig noch geltenden Theorie der Zellbildung. Wie auf dem Gebiete der Morphologie waren es auch hier die niederen Kryptogamen, welche er mit großem Erfolg zuerst in den Bereich der Forschung zog und nicht wenig trugen Alexander Braun's Beobachtungen an sehr einfach gebauten Algen zur weiteren Ausbildung der Zellentheorie, besonders aber zur Erweiterung und Berichtigung des Begriffes Zelle bei; nicht minder waren es Hofmeister's

embryologische Forschungen, welche neben ihren morphologischen Hauptergebnissen auch vielfache Thatsachen zum weiteren Ausbau der Nägeli'schen Zellentheorie lieferten. Je weiter dieselbe sich ausbildete, desto mehr zeigte sich, daß die Aeußerlichkeiten der Vorganges der Zellbildung sehr verschiedene sein können, daß vor Allem auch die früheren Beobachtungen Mohl's einzelne Typen derselben richtig darstellten; was aber im Grunde wichtiger war, als dieses Ergebniß, war die schon von Nägeli 1846 ausgesprochene Thatsache, daß in all' diesen verschiedenen Formen der Zellbildung doch nur die Aeußerlichkeiten und Nebendinge abweichen, während das Wesentliche des Vorgangs überall dasselbe bleibt und bald stellte sich heraus, daß auch die Zellbildung im Thierreich, die jetzt eingehender bearbeitet wurde, in der Hauptsache mit der vegetabilischen übereinstimmt, worauf Schwann (1839) und Kölliker (1845) hinwiesen.

Es ist unnöthig, hier auf die ganz abweichenden, überhaupt nicht auf sorgfältiger Beobachtung beruhenden Theorien einzugehen, welche um dieselbe Zeit Thodor Hartig und Karsten aufstellten; nicht weil sie nach dem übereinstimmenden Urtheil aller besseren Beobachter unrichtig sind, sondern weil dieselben auf die Ausbildung der ganzen Lehre keinen Einfluß genommen haben, also historisch nicht weiter in Betracht kommen.

Es liegt in der Natur der Sache, daß die Untersuchungen über die Entstehung und Vermehrung der Zellen die Aufmerksamkeit der Beobachter dem lebendigen Inhalt derselben mehr und mehr zuwenden mußten, denn dieser ist es, der sich ganz unmittelbar an der Bildung der neuen Zellen bethätigt. Zwar hatte man schon vor 1840 die verschiedenen körnigen, krystallinischen und schleimigen Gebilde des Zellinhaltes vielfach beobachtet, besonders waren es die „Bewegungen des Zellsaftes", denen Meyen und Schleiden ihre Aufmerksamkeit zuwandten; aber erst durch die entwicklungsgeschichtlichen Beobachtungen wurde man im Lauf der vierziger Jahre auf eine Substanz aufmerksam, welche sich regelmäßig bei der Entstehung neuer Zellen betheiligt, welche den von Robert Brown entdeckten Zellkern einhüllt

und bei dem Wachsthum der Zellen die wesentlichsten Veränderungen erleidet, welche allein den ganzen Körper der Schwärmsporen darstellt, nach deren Verschwinden aber die Zellhäute als ein todtes Gerüst zurückbleiben. Diese den Lebensproceß der Pflanze viel unmittelbarer als die Zellhaut tragende Substanz hatte Schleiden 1838 gesehen und für Gummi gehalten, Nägeli 1842—1846 sorgfältiger studirt und als eine stickstoffhaltige Substanz erkannt; 1844 und 1846 wurde sie von anderen Gesichtspuncten ausgehend von Mohl ebenfalls beschrieben, mit dem noch jetzt geltenden Namen Protoplasma belegt und darauf hingewiesen, daß diese Substanz, nicht aber der eigentliche Zellsaft es ist, welche die von Corti im vorigen Jahrhundert entdeckte, 1811 von Treviranus wieder an's Licht gezogene Bewegung, die s. g. Rotation und Circulation in den Zellen ausführt. Besonders lehrreich erwiesen sich für das Studium dieser merkwürdigen Substanz abermals die Algen; die von Alexander Braun, Thuret, Nägeli, Pringsheim und De Bary an Algen und Pilzen beobachteten Schwärmsporen zeigten, daß das Protoplasma ganz unabhängig von der Zellhaut lebensfähig ist, durch innere Kräfte getrieben seine Form verändern und selbst Ortsbewegungen ausführen kann. Schon 1855 wies Unger in seinem Lehrbuch auf die Aehnlichkeit dieser Substanz mit der s. g. Sarcode der niedersten Thiere hin, eine Aehnlichkeit die noch deutlicher hervortrat als 1859 durch De Bary's Studien über die Myxomyceten klar wurde, daß die Körpersubstanz auch dieser Gebilde aus Protoplasma besteht, welches hier lange Zeit und oft in mächtigen Klumpen fortlebt, um erst später Zellhäute zu bilden. Jetzt nahmen auch die Zootomen an diesen Ergebnissen der Botaniker Interesse; Max Schultze (1863), Brücke, Kühne studirten das thierische und pflanzliche Protoplasma und mehr und mehr gewann man im Laufe der sechziger Jahre die Ueberzeugung, daß das Protoplasma, die unmittelbare Grundlage sowohl des vegetativen wie des animalischen Lebens ist; eines der bedeutensten Ergebnisse der neueren Naturwissenschaft.

Nicht weniger wichtige Resultate als das Studium des Protoplasmas ergab auch das der übrigen organisirten Inhaltstheile der Zellen: Mohl zeigte, daß die Chorophyllkörner, die wichtigsten Ernährungsorgane der Pflanze, aus dem Protoplasma entstehen, Theodor Hartig erwarb sich trotz seiner verfehlten Zelltheorie ein namhaftes Verdienst durch die Entdeckung der sog. Aleuronkörner in den Samen und der in ihnen zuweilen vorkommenden crystallähnlichen Einschlüsse, Gebilde, welche ebenfalls aus dem Protoplasma entstehen und deren Substanz zur Neubildung von solchen verwendet wird; Radlkofer, Nägeli u. A. förderten die Kenntniß der Aleuronkörner, bezüglich ihrer Form und chemischen Zusammensetzung. Zu ganz besonderen Ergebnissen aber führte eine ebenso umfassende, als tief eindringende Untersuchung, welche Nägeli den schon so oft, zumal von Payen untersuchten Stärkekörnern widmete; das Resultat derselben war ein umfangreiches, nicht nur in der Phytotomie, sondern für die Kenntniß der organisirten Körper überhaupt epochemachendes Werk, welches 1858 unter dem Titel „die Stärkekörner" erschien. Unter Anwendung von Untersuchungsmethoden, welche bis dahin der gesammten Mikroskopie fremd waren, gelangte Nägeli zu bestimmten Vorstellungen über die Molekularstruktur der Stärkekörner und über ihr Wachsthum durch Einlagerung neuer Molekule zwischen die vorhandenen. Diese an den Stärkekörnern ausgebildete Intussusceptionstheorie war aber deshalb von so großer Wichtigkeit, weil sie sich unmittelbar auch zur Erklärung des Wachsthums der Zellhaut benutzen, überhaupt auf die Molekularvorgänge bei der Entstehung und Veränderung organisirter Gebilde übertragen ließ, während sie zugleich Rechenschaft gab von einer langen Reihe merkwürdiger Erscheinungen, zumal von dem Verhalten der organisirten Körper im polarisirten Licht. Nägeli's Molekulartheorie ist der erste glückliche Versuch, die mechanisch-physikalische Betrachtung auch auf das organische Leben anzuwenden und ohne Zweifel die tiefste Gedankenarbeit, welche bis jetzt die gesammte Botanik aufzuweisen hat.

Indem sich die besten Kräfte der Lösung so schwieriger

Probleme widmeten, blieb doch auch die weitere Ausbildung der eigentlichen Gewebelehre seit den vierziger Jahren nicht zurück. Auch hier war es ganz vorwiegend Nägeli, welcher der weiteren Entwicklung den Anstoß und die Richtung gab; schon in seiner mit Schleiden herausgegebenen Zeitschrift (1844—46) publicirte er eingehende Untersuchungen über die erste Entstehung der Gefäßbündel aus dem gleichartigen Urgewebe; bei den Kryptogamen, entdeckte er die Entstehung der gesammten Gewebemasse der ganzen Pflanze aus der Scheitelzelle des fortwachsenden Stammes; eine Entdeckung, welche zunächst von Hofmeister weitergeführt, in den letzten zwanzig Jahren eine umfangreiche Literatur hervorgerufen hat, welche ebensosehr der Theorie der Gewebebildung, wie der Morphologie und in Folge dessen auch der Systematik zu gute kommt. Hofmeister's, Nägeli's, Hanstein's, Sanio's u. a. Untersuchungen über die erste Entstehung der Gefäßbündel aus dem Urgewebe der jungen Organe führte zu umfassenden Ergebnissen auch für die Morphologie, insofern erst jetzt der morphologische Werth anatomischer und histologischer Verhältnisse sich beurtheilen ließ. Die für die Pflanzenphysiologie so wichtige Thatsache des Dickenwachsthums der Holzpflanzen wurde ebenfalls erst verständlich, als man die erste Entstehung der Gefäßbündel und ihre wahre Beziehung zum Cambium kennen lernte; Hanstein und Nägeli, dann aber ganz besonders Sanio, brachten vor und nach 1860 die mit dem Dickenwachsthum verbundenen Fragen der Hauptsache nach in's Reine. Das Jahr 1860 brachte außerdem noch eine, wenn auch vereinzelte, so doch höchst wichtige Entdeckung auf dem Gebiete der Phytotomie; Schacht, dessen phytotomische Thätigkeit sonst nicht gerade eine ersprießliche war, erwarb sich das Verdienst, die Entwicklungsgeschichte der gehöften Tüpfel festzustellen und zu zeigen, daß, wo im Holzkörper Zellwandungen auf beiden Seiten mit solchen versehen sind, die Zellhöhlen sich mit Luft füllen, indem die ursprüngliche Scheidewand im Tüpfel verschwindet, daß also offene Communication zwischen den benachbarten Zellen und Gefäßen dieser Art hergestellt wird. In ähn-

lichem Sinne ist auch Th. Hartigs frühere Entdeckung der Siebröhren im Bastgewebe hervorzuheben; die Klärung des alten Begriffs der „eigenen Gefäße", ihre Unterscheidung in safthaltige Intercellulargänge, in Milchgefäße und Milchzellen u. dgl. fällt zum großen Theil erst in die Jahre nach 1860.

Wenn ich nun dazu übergehe, zu zeigen, wie die erwähnten bedeutenden Resultate erzielt wurden, so bieten sich manche Schwierigkeiten. Seit 1840 wuchs die botanische Literatur zu einer früher unbekannten Fülle heran, neben umfangreicheren Werken, welche einzelne Theile der Phytotomie monographisch behandeln und neben einigen Lehrbüchern, sind es vorwiegend die in den botanischen Zeitschriften enthaltenen kleineren Aufsätze, aus denen man die weitere Entwicklung des wissenschaftlichen Gedankens zusammensuchen muß. So sehr auch die Gründung der wissenschaftlichen Zeitschriften dazu beigetragen hat, den Verkehr der Fachmänner zu beschleunigen, so erschwert diese Form der Literatur doch anderseits die Orientirung über das in früheren Jahrzehnten Geleistete und die Auffindung des historischen Zusammenhangs in der Wissenschaft; des Schadens gar nicht zu gedenken, den das Zeitschriftenwesen bei angehenden, jüngeren Fachmännern anzurichten pflegt. Um bei diesem Zustand der hier in Betracht kommenden Literatur eine einigermaßen übersichtliche Darstellung zu gewinnen, werde ich hier abweichend von den früheren Capiteln nicht mehr an die einzelnen Hauptpersonen anknüpfen, sondern die wichtigeren Fragen in ihrer geschichtlichen Entwicklung verfolgen. Dieses Verfahren ist schon insofern geboten, als wir hier nicht mehr auf eigentlich historischen Boden stehen, denn noch lebt die Mehrzahl der Männer, welche die Entwicklung der neuen Lehren seit 1840 bewirkt haben, und zweifelhaft bleibt es, ob die hier versuchte Darstellung nicht auf Widerspruch in diesem oder jenem Sinne stößt. Denn bei der außerordentlichen Meinungsverschiedenheit, wie sie unter den Botanikern selbst über die umfassendsten Fragen der Wissenschaft

besteht, ist es sehr schwer, das herauszufinden, was als wissenschaftliches Gemeingut betrachtet werden darf, ein Uebelstand, an welchem vielleicht keine andere Wissenschaft so sehr wie die Botanik leidet.

In wieweit die einzelnen Botaniker an der Fortbildung der Phytotomie während des hier betrachteten Zeitraums sich betheiligt haben, wird aus der folgenden Darstellung von selbst hervorgehen; wenn dabei fast nur von Deutschen die Rede ist, so liegt die Ursache einfach darin, daß die Engländer seit Grew bis auf die neueste Zeit zur Fortbildung der Phytotomie so gut wie gar Nichts beigetragen haben; auch die früher durch Malpighi so großartig vertretenen Italiener bei den hier behandelten Fragen kaum noch in Betracht kommen, während die französischen Botaniker, in dem vorigen Zeitraum durch Mirbel vertreten, zwar auch später noch zahlreiche phytotomische Arbeiten lieferten, ohne sich jedoch an der Entscheidung der hier allein behandelten fundamentalen Fragen wesentlich zu betheiligen.

Wenn wir in der vorhergehenden Periode noch der fortschreitenden Ausbildung des Mikroskops Rechnung tragen mußten, um die Entwicklung der Ansichten von der Pflanzenstruktur zu verstehen, so ist dieß dagegen nach 1840 kaum noch nöthig. Gute und brauchbare Mikroskope mit starker Vergrößerung und klarem Gesichtsfeld standen seit dieser Zeit jedem Phytotomen zu Gebote und wenn die Instrumente auch bis auf den heutigen Tag noch immer vervollkommnet werden, so waren doch die in den vierziger und fünfziger Jahren allgemein verbreiteten in den Händen geschickter Beobachter völlig ausreichend zur Entscheidung der neugestellten Fragen. Die wesentlichste Verbesserung, welche das Mikroskop in diesem Zeitraum erfuhr, war offenbar die Einrichtung desselben für den Polarisationsapparat und für bequemere Messung der Objekte; wir werden weiter unten sehen, welchen Einfluß zumal die erstgenannte Einrichtung auf die Ausbildung von Nägeli's Molekulartheorie gewann. — Je besser die Mikroskope wurden, und je schwieriger die Fragen, um deren Entscheidung es sich handelte, desto mehr

Sorgfalt mußte fortan auch auf die Präparate selbst verwendet werden: es genügte nicht mehr, gut zu schneiden oder zu zerfasern und die Form der festen Theile des Pflanzenbaues kennen zu lernen; vielmehr wurden Vorsichtsmaßregeln und Hülfsmittel der verschiedensten Art nöthig, um auch die weichen Inhaltsmassen der Zellen zu klarer Anschauung zu bringen, das Protroplasma wo möglich im lebenden Zustand und geschützt gegen schädliche Einflüsse zu beobachten; die verschiedensten chemischen Reagentien fanden Anwendung, theils um die Objecte durchsichtiger zu machen, theils um ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften zu erkennen; besondere Erwähnung verdient außerdem die von Franz Schultze schon vor 1851 entdeckte Methode, die Zellen durch Kochen in einem Gemenge von Salpetersäure und chlorsaurem Kali binnen wenigen Minuten zu isoliren und so das von Moldenhawer angewendete Macerationsverfahren (durch Fäulniß) abzukürzen, wenn auch nicht ganz zu ersetzen. Mit Einem Wort, die mikroskopische Technik wurde von Schleiden, Mohl, Nägeli, Unger, Schacht, Hofmeister, Pringsheim, De Bary, Sanio u. A. nach den verschiedensten Seiten hin ausgebildet, zu einer Kunst erhoben, welche wie jede andere gelernt und geübt sein will. Den jüngeren Mikroskopikern war seit den fünfziger Jahren Gelegenheit geboten, diese Kunst in den Laboratorien der Aelteren sich anzueignen und so die technische Erfahrung und den wissenschaftlichen Rath derselben sich zu Nutze zu machen; es entstanden phytótomische Schulen, wenigstens an deutschen Universitäten; anderwärts blieb es freilich noch bei den früheren Zuständen, wo jeder versuchen mußte, auf eigene Hand ganz von vorn anzufangen.

Die allgemeine Verbreitung guter Mikroskope brachte es mit sich, daß man, zumal seit Mohl den richtigen Weg betreten hatte, nunmehr auch höhere Anforderungen an die Ausführung mikroskopischer Bilder stellte; und in dieser Beziehung kam dem wissenschaftlichen Bedürfniß die Erfindung des Steindruckes ebensosehr, wie das Wiederaufleben des Holzschnittes zu statten, wodurch die kostspielige Herstellung von Kupfertafeln vermieden wurde. Die Zahl und Schönheit der mikroskopischen Bilder

wuchs daher nicht blos bei wissenschaftlichen Monographieen, sondern auch die Lehrbücher konnten jetzt mit zahlreichen Abbildungen ausgestattet werden, wodurch die Verständigung über Dinge, welche jeder nur einzeln für sich sehen kann, sehr gefördert wurde. Seit dem Ende des sechzehnten Jahrhunderts war der Holzschnitt immer mehr in Verfall gerathen und durch Kupferstich ersetzt worden; erst in den vierziger und fünfziger Jahren trat der Holzschnitt wieder in sein altes Recht und erwies sich zumal für die Lehrbücher als eine viel bequemere Art der bildlichen Darstellung; so wurden schon Schleiden's Grundzüge 1842, Mohl's „vegetabilische Zelle" 1851, sodann Unger's und Schacht's Lehrbücher durch zahlreiche zum Theil sehr schöne Holzschnitte bereichert. Für Zeitschriften und Monographieen zog man gewöhnlich den Steindruck vor, so wurde z. B. die 1843 von Mohl und Schlechtendal gegründete botanische Zeitung bis in die sechziger Jahre hinein das Hauptorgan für kürzere phytotomische Mittheilungen, durch ebenso zahlreiche als schöne Tafeln aus dem Atelier des Berliner Lithographen Schmidt bereichert.

1. Entwicklung der Zellbildungstheorie von 1838—1851.

Da es sich hier um Fragen von ganz fundamentaler Bedeutung, nicht nur für eine Disciplin, sondern für die gesammte Botanik und sogar für die übrigen Naturwissenschaften handelt, so scheint es geboten, die Begründung und Ausbildung der Zellentheorie, ähnlich wie ich es später bei der Sexualtheorie thun werde, Schritt für Schritt, soweit es der hier gegönnte enge Raum gestattet, zu verfolgen.

Wie gewöhnlich auf dem Gebiet der induktiven Wissenschaften ging auch hier der streng induktiven Forschung eine längere Zeit voraus, wo man auf höchst unvollkommene Wahrnehmungen gestützt, doch schon allgemeine Theorieen aufzustellen wagte. Es wurde schon gezeigt, wie Caspar Friedrich Wolff 1759 die Zellen als Vacuolen in einer homogenen Galert entstehen ließ, worin sich ihm noch bis tief in unser Jahrhundert herein

Mirbel der Hauptsache nach anschloß; wie dann ferner Kurt Sprengel und mit ihm eine Reihe späterer Phytotomen, Treviranus noch bis in die dreißiger Jahre hinein, die Zelle aus kleinen Körnchen und Bläschen des Zellinhaltes entstehen ließen, eine Annahme, welcher Link 1807 zwar entgegentrat, der er jedoch später in der Hauptsache beistimmte. Obgleich schon Moldenhawer (Beiträge 1812 p. 70) diese Zellbildungstheorien bestimmt abwies und Wahrnehmungen bekannt machte, welche weiter verfolgt, auf den richtigen Weg geführt haben würden, so blieben doch die Genannten und Andere noch lange bei ihrer früheren Ansicht stehen. Kieser z. B. (Mem. s. l'org. 1812) bildete die Ansicht von Treviranus, daß auch die feinen Körnchen im Milchsaft Zellenkeime seien, die dann in den Interzellularräumen ausgebrütet werden, noch weiter aus. Schultz-Schultzenstein (die Nat. d. leb. Pfl. 1823—28 I. p. 607) verwarf diese Ansichten und ließ die Zellen in ähnlicher Weise wie Wolff und Mirbel entstehen. — Kaum besser als die von Sprengel, Treviranus und Kieser vertretene Ansicht von den Zellkeimen war übrigens auch die in den vierziger Jahren von Karsten aufgestellte Zellentheorie, welcher schon in den zwanziger Jahren in Frankreich die von Raspail und Turpin[1]) aufgestellten, wenn auch mit anderer Nomenclatur auftretenden, doch in der Hauptsache der Sprengel'schen sich anschließenden Ansichten vorausgegangen waren.

Es war Mirbel gegönnt, wie am Anfang des Jahrhunderts, auch dreißig Jahre später noch einmal in die Fortbildung der Phytotomie mit wichtigen, wenn auch zum Theil unrichtig gedeuteten Wahrnehmungen einzugreifen und auch dießmal war es ein deutscher Forscher, Mohl, der seine Beobachtungen und Ansichten berichtigte.

In seiner berühmten Abhandlung über die Marchantia polymorpha, deren ersten Theil Mirbel 1831—1832 der

[1]) Man vergl. darüber Mohl's Citat Flora 1837 p. 13; mir selbst waren die Originale unzugänglich.

pariser Akademie verlegte, die aber erst 1835 in den Mém. de l'Acad. roy l'instit. de France T. 13 erschien, stellte Mirbel drei verschiedene Arten von Zellbildung auf; bei der Keimung der Sporen dieser Pflanze sollten aus dem Keimschlauch neue Zellen hervorsprossen, aus denen sich derselbe Vorgang wiederhole, also ungefähr so, wie es bei der Sprossung der Hefepilze wirklich stattfindet; eine zweite Form der Zellbildung glaubte er bei der Anlage der Brutknospen von Marchantia zu finden, wo er offenbar die successive auftretenden Theilungswände sah, den Vorgang aber im Ganzen unrichtig auffaßte; bei dem weiteren Wachsthum der Brutknospen und in anderen Fällen des Wachsthums sollten die jungen Zellen jedoch, seiner alten Ansicht entsprechend, zwischen den vorhandenen auftreten.

Wie fremdartig diese Vorgänge damals noch erschienen, zeigt Mohl's 1835 als Dissertation gedruckte, 1837 in der „Flora" wiederholte Abhandlung „über die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung", wo er Mirbel's erwähnte Angaben zwar mit einigen Zweifeln ansieht, sie aber doch im Ganzen gelten läßt, während er seine eigenen viel zahlreicheren und besseren Beobachtungen über die Entwicklung der Sporen Flora 1833 nur ganz gelegentlich erwähnt, obgleich er hier bereits verschiedene Fälle von Zelltheilung und freier Zellbildung deutlich genug gesehen hatte. Auch hatte schon Adolph Brongniart (Ann. d. sc. nat. 1827) die Entstehung der Pollenkörner in ihren Mutterzellen bei Cobaea scandens, wenn auch sehr unvollkommen beobachtet und Mirbel im Anhang zu seiner erwähnten Untersuchung die Entstehung der Pollenzellen vortrefflich abgebildet und naturgetreu beschrieben und dennoch unterließ es Mohl diese wichtigen Beobachtungen mit seinen eigenen über die Zelltheilung zu vergleichen; ja selbst 1845, wo er die letzteren neu bearbeitet in den vermischten Schriften herausgab, übersah er noch die naheliegenden Beziehungen zwischen der Bildung jener Pollenkörner und der Sporen mit der Zelltheilung bei Cladophora. Dennoch ist diese Abhandlung Mohl's von großer Bedeutung für die Geschichte der Zellbildungstheorie

weil hier zum ersten Mal eine Zelltheilung Schritt für Schritt und mit Hervorhebung aller wichtigen Puncte beschrieben wurde. Auch hatte schon 1832 Dumortier Zelltheilungen beobachtet [1]) 1836 Morren die Theilung der Closterien gesehen, ohne jedoch das nöthige Detail beizufügen. Uebrigens dehnte Mohl seine bei Cladophora gemachten Erfahrungen auch auf einige andere Fadenalgen aus, und wies er auf die Aehnlichkeit dieser Vorgänge mit der Theilung der Diatomeen hin, die er deßhalb gegen Ehrenberg, der sie für Thiere hielt, als Pflanzen in Anspruch nahm (Flora 1836 p. 492).

Auf Mohl's Beobachtungen an Cladophora gestützt, erklärte sodann Meyen im zweiten Band seines neuen Systems 1838 die Zelltheilung für einen sehr gewöhnlichen Vorgang bei Algen, Fadenpilzen und Charen, ohne jedoch die Vorgänge, durch welche die Theilung eingeleitet und beendigt wird, näher zu untersuchen. Beachtenswerth ist übrigens Meyen's Vergleichung dieser Fälle der Zellbildung mit der Entstehung der Sporen, Pollenkörner und Endospermzellen, insofern dabei doch wenigstens ein Versuch gemacht ist, die jetzt sogenannte freie Zellbildung von der Zelltheilung zu unterscheiden; denn der Mangel dieser Unterscheidung war es offenbar, der eine richtigere Einsicht auf diesem ganzen Beobachtungsgebiet lange Zeit störte. Hätte man, wie es nach den vorliegenden Beobachtungen nahe lag, diese beiden Zellbildungsformen richtig auseinandergehalten, so wäre Schleiden's Theorie von vornherein unmöglich gewesen, die Entwicklung der Zellentheorie wäre nicht auf den Abweg gerathen, den Schleiden seit 1838 einschlug, nämlich die freie Zellbildung, wie er sie im Embryosack der Phanerogamen beobachtet zu haben glaubte, auch auf die Vermehrung der Zellen in vegetativen wachsenden Organen zu übertragen, sie überhaupt für die einzige Form der Zellbildung auszugeben. Dieß wäre um so weniger möglich gewesen, als Mohl in demselben Jahr schon die Entwicklung der Spaltöffnungen durch Theilung einer jungen Epi-

[1]) Vergl. Meyens, Neues System II 344.

dermiszelle und spätere Spaltung der Scheidewand in zwei Lamellen ganz zutreffend beschrieb. Aber Mohl hielt sich auch in den nächsten Jahren mit einer mehr als gerechtfertigten Vorsicht von allen theoretischen Betrachtungen über die ihm klar vorliegenden Fälle fern, selbst 1845, wo schon Unger und Nägeli gute Beobachtungen über die Entstehung der Gewebezellen wachsender Organe gemacht hatten, blieb er noch immer unschlüssig (Verm. Schriften 1845 p. 336).

Schleiden's Zellbildungstheorie entstand aus einer schwer begreiflichen Verschmelzung unklarer Beobachtungen und vorgefaßter Meinungen, ja sie erinnert in der Hauptsache stark an die alte Theorie von Sprengel und Treviranus; obgleich diese von Schleiden scharf abgewiesen wurden, ließ doch auch er die neuen Zellen zunächst aus sehr kleinen Körnchen hervorgehen und ebensowenig wie bei jenen, lag auch seiner Theorie eine in allen Puncten durchgeführte Beobachtung zu Grunde.

Robert Brown hatte 1831 (siehe dessen vermischte Schriften von Nees von Esenbeck V. p. 156) den Zellkern zunächst in der Oberhaut der Orchideen entdeckt und seine große Verbreitung in den Gewebezellen der Phanerogamen nachgewiesen, im Uebrigen aber aus der Entdeckung Nichts weiter zu machen gewußt. Der Zellkern blieb ruhig liegen, bis ihn Schleiden plötzlich zur Seele seiner Theorie, zum Ausgangspunct jeder Zellbildung machte. Den übrigen schleimigen Inhalt der Zelle, in welchem Schleiden ohne Angabe genügender Gründe, Gummi als Hauptbestandtheil voraussetzte, betrachtete er als die Bildungssubstanz des Zellkerns, die er als Cytoblastem bezeichnete, während der Zellkern selbst den Namen Cytoblast erhielt. Da sein Cytoblastem mit Jodlösungen, wie er angiebt, gelb und granulös wird, so dürfen wir in demselben unser Protoplasma wiederfinden.

Um Schleiden's Zellbildungstheorie in ihrer ursprünglichen Form kennen zu lernen, wenden wir uns an seinen Aufsatz: „Beiträge zur Phytogenesis“ (Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w. von Johannes Müller 1838). Die Ab-

handlung beginnt mit einigen Auseinandersetzungen über das allgemeine Grundgesetz der menschlichen Vernunft u. s. w., behandelt die Literatur über die Zellbildung auf einigen Zeilen, wo Mohl's zahlreiche Beobachtungen nicht erwähnt werden, geht dann auf das allgemeine Vorkommen des Zellkerns über, der bei dieser Gelegenheit umgetauft wird, beschäftigt sich dann mit Gummi, Zucker, Stärkemehl, um schließlich zur Sache selbst überzugehen. Zwei Stellen in der Pflanze seien es, wo sich am leichtesten und sichersten die Bildung neuer Organisation beobachten läßt, nämlich im Embryosack und im Ende des Pollenschlauchs, in welchem nach Schleiden's Befruchtungstheorie die ersten Zellen des Embryos entstehen sollen, wo jedoch thatsächlich gar keine Zellen entstehen. An beiden Orten bilden sich nun nach Schleiden im Gummischleim sehr bald kleine Körnchen, wodurch die bis dahin homogene Gummilösung sich trübt. Dann zeigen sich einzelne größere, schärfer gezeichnete Körnchen, die Kernkörperchen und bald nachher treten auch die Cytoblasten auf, die gleichsam als granulöse Coagulationen aus jener Körnermasse erscheinen; in diesem freien Zustand wachsen die Cytoblasten noch bedeutend, sobald sie aber ihre völlige Größe erreicht haben, erhebt sich auf ihnen ein feines durchsichtiges Bläschen; dies ist die junge Zelle die anfangs ein sehr flaches Kugelsegment darstellt, dessen plane Seite vom Cytoblasten, dessen konvexe von der jungen Zelle (der Zellhaut) gebildet wird, die auf jenem ungefähr wie ein Uhrglas auf einer Uhr aufsitzt. Allmählig dehnt sich aber das Bläschen mehr aus, wird consistenter und die Wandung besteht nun mit Ausnahme des Cytoblasten, der stets einen Theil der Wand bildet, aus Galerte. Nach und nach wächst die Zelle über den Rand des Cytoblasten hinaus und wird rasch so groß, daß der letztere nur noch als ein kleiner, in einer der Seitenwände eingeschlossener Körper erscheint. Bei fortschreitendem Wachsthum und bedingt durch den gegenseitigen Druck der Zellen wird ihre Gestalt regelmäßiger und geht dabei häufig in die von Kieser aus naturphilosophischen Gründen angenommene Grundform des Rhombendodekaëders über. Erst nach der Resorption

des Cytoblasten fängt die Bildung sekundärer Ablagerungen, wovon jedoch einige Ausnahmen statuirt werden, auf der inneren Fläche der Zellwand an. Schleiden glaubt nun (p. 148) mit Recht annehmen zu dürfen, daß der geschilderte Vorgang das allgemeine Bildungsgesetz für das vegetabilische Zellengewebe bei Phanerogamen sei. Es wird noch ausdrücklich hinzugefügt, daß der Cytoblast niemals frei im Innern der Zelle liegen könne, daß er vielmehr immer in eine Duplikatur der Zellwandung eingeschlossen sei und ferner wird hervorgehoben, es sei ein ganz unbedingtes Gesetz, daß jede Zelle (abgesehen vorläufig vom Cambium) als ganz kleines Bläschen entsteht und erst allmählig zu der Größe sich ausdehnt, die sie im ausgebildeten Zustand zeigt. Die Aehnlichkeit dieser Ansicht mit der von Sprengel und Treviranus aufgestellten wird noch erhöht, wenn wir weiterhin lesen, daß von den in den Sporen von Marchantia enthaltenen Zellkeimen meist nur zwei bis vier zur Bildung von Zellen dienen, die anderen dagegen sich mit Chlorophyll überziehen und so dem Lebensprozeß entzogen werden. Wer die auf ebenso zahlreiche als sorgfältige spätere Untersuchungen gegründete neuere Ansicht von den Vorgängen der freien Zellbildung kennt, wird in dem Voranstehenden schwerlich eine einzige richtige Beobachtung finden.

Bald darauf (Linnaea 1839 p. 272) theilte Mohl seine sorgfältigen und in allen Hauptpuncten zutreffenden Beobachtungen über die Theilung der Sporenmutterzellen von Anthoceros mit, wo er mit Bezugnahme auf Mirbel's frühere Angaben hervorhebt, daß die Theilung durch den schleimigen Inhalt selbst bewirkt werde, daß nicht das Hineinwachsen von Zellhautleisten eine pasive Theilung des Inhalts der Mutterzelle bewirke.

Der Erste, der sich direkt gegen Schleiden's Lehre aussprach, war **Unger**[1]), der in der Linaea 1841 p. 389 seine

---

[1]) Franz Unger wurde 1800 auf dem Gute Amthof bei Leutschach in Südsteiermark als Sohn eines Geschäftsmannes geboren. Seine Gymnasialbildung bis zum 16. Jahr empfing er in dem von Benediktinern ge-

Beobachtungen am Vegetationspunct mittheilte und aus der Größe und Lagerung der Zellen schloß, daß hier die Gewebezellen, durch Theilung, nicht aber in der von Schleiden angegebenen Weise entstehen. Bald darauf beobachtete auch Nägeli (Linnaea 1842 p. 252) die Zellbildungsvorgänge in Wurzelspitzen, die er jedoch nicht als Theilungen auffaßte; er sah je zwei Kerne und um diese zwei Zellen in der Mutterzelle entstehen und erklärte die Bildung der Scheidewand durch das Zusammenstoßen der beiden neuen Zellen und ähnlich sei

---

leiteten Convict zu Graz; nach Vollendung der drei „philosophischen" Jahrgänge wandte er sich nach seines Vaters Wunsch zur Jurisprudenz, verließ jedoch 1820 Graz und diese Studien um in Wien Medizin zu studiren; 1822 ging er zu gleichem Zwecke nach Prag. Von hier aus unternahm er eine Ferienreise nach Deutschland, wo er Oken, Carus, Rudolphi u. a. kennen lernte; die angeknüpften Verbindungen und der Umstand, daß Unger seine Reise ohne besondere polizeiliche Erlaubniß angetreten, verwickelten ihn nach der Heimkehr in eine Untersuchung, während welcher er 3/4 Jahre gefangen gehalten wurde; 1825 wieder in Freiheit gesetzt, wurde er mit Jacquin und Endlicher bekannt, um mit letzterem in lebhaften, wissenschaftlichen Verkehr zu treten. Nachdem er 1827 promovirt und sein Vater verarmt war, ergriff er die ärztliche Praxis, der er bis 1830 bei Wien (in Stockerau), später in Kitzbühel in Tyrol als Landsgerichtsarzt oblag. Seine schon in früher Jugend aufgenommenen botanischen Studien setzte er auch als Arzt lebhaft fort, in Kitzbühl besonders mit den Pflanzenkrankheiten und palaeontologischen Untersuchungen beschäftigt, denen sich solche über den Einfluß des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse anschlossen. Ende 1835 wurde er Professor der Botanik am Johanneum zu Graz, wo er fortan vorwiegend paläontologische Studium trieb, durch die er bald zum hervorragendsten Vertreter dieses Faches wurde. Seit 1849 Professor der physiologischen Botanik in Wien, widmete er sich mehr der Physiologie und Phytotomie bis er gegen Ende der fünfziger Jahre im Interesse der culturgeschichtlichen Studien wiederholt größere Reisen zu machen begann. Im Jahr 1866 gab Unger seine Stelle auf und lebte fortan als Privatmann in Graz, wo er durch populäre Schriften und Vorträge anregend wirkte und 1870 starb. Ueber seine Persönlichkeit und seine vielseitig reichhaltige Thätigkeit auf den verschiedensten Gebieten der Botanik geben Leitgeb (Bot. Zeitg. 1870 Nr. 16) und Reyer „Leben und Wirken des Naturh. Unger" (Graz 1871) Auskunft.

die Sache auch bei den Spaltöffnungen und in den Pollenmutterzellen, eine Auffassung, die sich zur Noth mit Schleiden's Theorie vertrug, sich von ihr aber dadurch unterschied, daß hier wesentliche Vorgänge richtig gesehen, nur noch zum Theil unrichtig gedeutet waren. In demselben Jahr erschien bereits die erste Auflage von Schleiden's Grundzügen der wissenschaftlichen Botanik, wo die bereits mitgetheilte Zellbildungstheorie in präciserer Fassung wiederholt wurde. Wie sehr es ihm Ernst um dieselbe war, zeigt seine nochmalige Darstellung dieser Theorie in seinen „Beiträgen zur Botanik" 1844, wo er darauf dringt, daß seine Art der Zellbildung die allgemeine, wenn auch zunächst nur bei den Phanerogamen sichergestellte sei. Wie sehr aber eine vorgefaßte Meinung einen Beobachter umstricken kann, lehrt Schleiden's Vermuthung, daß die Bildung der Zygosporen bei Spirogyra nach seiner Theorie stattfinde, obgleich kein Fall der Zellbildung denkbar ist, der leichter zu beobachten und mit Schleiden's Theorie weniger vereinbar wäre. Wie schon im ersten Buch erwähnt, war der merkwürdige Vorgang der Zygosporenbildung der Algengattung Spirogyra schon Hedwig und Vaucher bekannt; er wurde aber bis auf Schleiden's Zeit überhaupt gar nicht als ein Beispiel der Zellbildung betrachtet und insofern lag in der That ein Fortschritt in Schleiden's Aeußerung, als er einen nach den damaligen Begriffen so höchst eigenthümlichen Vorgang überhaupt dem Begriff der Zellbildung subsumirte.

Mit dem Jahre 1844 begann die methodische, auf sorgfältige Beobachtung und umsichtige Erwägungen gegründete Bearbeitung der Zellentheorie. Fast gleichzeitig in diesem Jahr erschienen die sehr ausführlichen Untersuchungen Nägeli's über das Vorkommen des Zellkerns und über die wandständige Zellbildung, d. h. die Zelltheilung; ferner die von Mohl über den Primordialschlauch und sein Verhalten bei der Zelltheilung im jungen Gewebe und endlich die von Unger über die „merismatische Zellbildung (Zelltheilung) als allgemeinen Vorgang beim Wachsthum der Organe." Da es diesen Beobachtern zunächst darauf ankam,

die Richtigkeit und allgemeine Giltigkeit der Schleiden'schen Theorie zu prüfen, so mußten sie vor Allem auf das allgemeine Vorkommen des Zellkerns und auf seine Lagerung an der Seite der Zellwand achten, denn dieß waren die der Beobachtung und der Kritik zugänglichsten Momente. Bei der Diskussion der Beobachtungen trat ein in dem bisherigen Sprachgebrauch liegender Uebelstand hervor, indem man mit dem Wort Zelle für gewöhnlich zwar nur die Zellhaut, unter Umständen aber auch die Gesammtheit des ganzen Zellkörpers verstand; auch hatte man bisher den protoplasmatischen Inhalt der Zellen von den übrigen Contentis noch nicht scharf geschieden.

Nägeli und Mohl erwarben sich gleichzeitig das Verdienst, die Begriffe in dieser Beziehung zu klären, indem Mohl den Primordialschlauch 1844 als einen nicht zur Zellhaut gehörigen Bestandtheil des Zellinhaltes erkannte, seine Betheiligung an der Zelltheilung nachwies, und 1846 das Protoplasma als solches in seiner Eigenartigkeit dem übrigen Zellinhalt gegenüber erkannte und mit dem noch jetzt üblichen Namen belegte. Unterdessen hatte auch Nägeli das Protoplasma von den übrigen Contentis unterschieden und seine hervorragende Bedeutung für die Zellbildung, sowie seine stickstoffhaltige Beschaffenheit hervorgehoben.

Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, daß die Untersuchungen über die Zellbildungsvorgänge die Beobachter nöthigten, diejenigen Orte aufzusuchen, wo Zellbildung wirklich stattfindet, wobei sich denn bald die Thatsache herausstellte, daß nicht in allen, nicht einmal in allen wachsenden Theilen der Pflanze, Zellen im status nascendi zu finden sind, daß vielmehr nur in den sogenannten Vegetationspuncten der Stämme und Wurzeln, in den jüngsten Seitenorganen derselben, und bei den Holzpflanzen zwischen Rinde und Holz die Orte zu suchen sind, wo gewöhnlich neue Zellen entstehen. Um diese Zeit begann man auch dem Wort Cambium, welches Mirbel früher im Sinne eines die Pflanze durchtränkenden Nahrungssaftes benutzt hatte, einen andern Begriff unterzulegen; man gewöhnte sich, das Wort auf solche Gewebemassen anzuwenden, in denen Neubildung von Zellen

stattfindet, besonders auch auf diejenige sehr dünne zwischen Holz und Rinde liegende Gewebeschicht, aus welcher sich die Holz- und Rindenlagen der Holzpflanzen regeneriren, eine Schicht, welche nach Mirbel's Theorie als eine sulzige Saftmasse gegolten hatte, in welcher neue Zellen als Vacuolen entstehen.

Unger trat 1844 (Bot. Ztg. bei Gelegenheit einer Untersuchung über das Wachsthum der Internodien) nochmals der Schleiden'schen Theorie entgegen, indem er zunächst irrthümlich das allgemeine Vorkommen der Zellkerne im Theilungsgewebe bestritt, dagegen ganz zutreffend aus der Lagerung, der verschiedenen Wanddicke und relativen Größe der Zellen auf die Vermehrung derselben durch Entstehung von Theilungswänden hinwies, die Betheiligung des Zellinhaltes bei der Vermehrung der Zellen in Haaren hervorhob und die Allgemeinheit der merismatischen Zellbildung (Zelltheilung) bei dem Wachsthum vegetativer Organe behauptete, indem er ausdrücklich hervorhob, daß alles das, was man an den Bildungsstätten des Zellgewebes wirklich sieht, mit Schleiden's Theorie nicht in Einklang zu bringen sei. Die bei der Zelltheilung stattfindenden Vorgänge beobachtete jedoch Unger nicht Schritt für Schritt; seine Beobachtungen reichten im Ganzen hin, Schleiden's Theorie sehr unwahrscheinlich zu machen, ohne jedoch genügende Grundlagen zu einer neuen zu bieten und Schleiden unterließ nicht in der zweiten Auflage seiner Grundzüge 1845 Unger's Einwürfe abzuweisen.

In demselben Jahrgang der botanischen Zeitung trat schon vorher Mohl mit seiner bereits erwähnten Abhandlung über den Primordialschlauch hervor, mit welchem Namen er zum Theil die sehr dünne Protoplasmaschicht bezeichnete, welche in saftreichen größeren Zellen wie eine Tapete die Innenseite der Zellwand auskleidet, zum Theil aber eine äußere Schicht vom Protoplasma jüngerer Zellen, welche noch reich an dieser Substanz sind. Es war gerade kein glücklicher Griff, den Mohl mit der Aufstellung seines Primordialschlauches that, doch verstand er es, in seiner gewöhnlichen gründlichen Weise, diesen zu einer besseren

Einsicht in die Zellbildung zu verwenden, indem er (p. 289) auf den Umstand hinwies, daß die Zellen der Cambiumschicht zwischen Rinde und Holz immer ohne Interzellularräume zusammenschließen, daß also nur zwei Modifikationen der Zellvermehrung denkbar seien: entweder Theilung der Zellen durch Bildung einer Scheidewand oder Entstehung von Zellen in Zellen; in jeder dieser jugendlichen Zellen finde sich ein Primordialschlauch, dessen Entstehung also mindestens gleichzeitig mit der der Zelle (Zellhaut) erfolgen müsse. „Würde sich nun mit Bestimmtheit nachweisen lassen, daß in den Zellen, welche in Vermehrung begriffen sind, sich zwei Primordialschläuche neben einander befinden, ehe eine Scheidewand zwischen denselben ausgebildet ist, so wäre es für die Cambiumschicht, sowie für die Spitze des Stammes und der Wurzel entschieden, daß an diesen Stellen der Bildung der Zelle die des Primordialschlauches vorausgeht." Mohl glaubte diesen Vorgang gesehen zu haben, blieb aber über die Richtigkeit seiner Beobachtung im Zweifel; doch fährt er fort: „Da jede jugendliche Zelle einen Primordialschlauch enthält, so muß dieser, ehe eine Vermehrung der Zelle eintritt, entweder resorbirt werden, um zwei neuen an seiner Stelle entstehenden Platz zu machen oder es muß der alte Primordialschlauch durch Abschnürung in zwei Schläuche zerfallen." Er hielt aber das Erstere für wahrscheinlich, indem er Unger's Angabe, daß die Kerne erst nach der Theilung entstehen, zurückwies. Es ist überraschend, daß Mohl nach diesen Erwägungen in seinen Beobachtungen eine Bestätigung der Schleiden'schen Zellbildungstheorie glaubte finden zu müssen, obgleich er außerdem hervorhob, daß der Zellkern niemals einen Theil der Zellwand bilde, was doch für Schleiden's Theorie durchaus charakteristisch ist; aber freilich hielt Mohl die nach Schleiden vom Zellkern sich abhebende Haut für den Primordialschlauch. Nach diesen Fehlgriffen finden wir andererseits wieder die richtige Vermuthung, die Substanz des Primordialschlauches möge identisch sein mit der schleimigen Masse, welche den Zellkern gewöhnlich einschließt, also mit dem, was Mohl zwei Jahre später Protoplasma nannte. In dieser späteren Abhandlung (Bot. Zeit. 1846),

wo er nachweist, daß die bekannten Bewegungen im Innern der Zelle nicht vom wässerigen Zellsaft, sondern von dem Protoplasma ausgeführt werden, hob er auch hervor (p. 75), daß dieses den Zellkern erzeugt, daß seine Organisation die Entstehung der neuen Zelle einleitet, daß es ganz abweichend von Schleiden's Theorie den Zellkern allseitig umhüllt, der in sehr jungen Zellen immer im Centrum liege, was ganz besonders auch bei den von Schleiden beobachteten Endospermzellen stattfinde. Er zeigt dann, wie der anfangs solide Protoplasmakörper junger Zellen später Safthöhlen erhält, zwischen denen das Protoplasma Wände, Bänder und Fäden darstellt, deren Substanz die strömende Bewegung zeigt. Merkwürdigerweise unterließ es Mohl auch bei dieser Gelegenheit, seine früheren Beobachtungen über die Entstehung der Sporen und Theilung der Algenzellen mit seinen neuen Ergebnissen sorgfältig zu vergleichen, die wesentlichen Aehnlichkeiten aufzusuchen; vielmehr erklärte er ausdrücklich, daß die Zelltheilung bei Cladophora wahrscheinlich ein ganz anderer Vorgang sei, als die Vermehrung der Gewebezellen höherer Pflanzen.

Was Unger und Mohl bis 1846 gefunden hatten, genügte vollkommen zur Widerlegung von Schleiden's Theorie; es genügte aber nicht zu einer klaren Einsicht in die Zellbildungsvorgänge überhaupt; die verschiedenen Formen der Zellbildung waren weder sorgfältig auseinandergehalten, noch ließen sie sich auf ein gemeinsames Princip zurückführen. Beide Beobachter hatten mehr aus gewissen Indicien den wahren Hergang der Zellbildung zu errathen gesucht, indem sie das nicht Beobachtete durch Schlußfolgerungen ergänzten.

Ganz anders nahm gleichzeitig Nägeli Stellung der Schleiden'schen Theorie gegenüber. In einer umfangreichen Abhandlung: „Zellkern, Zellbildung und Zellenwachsthum bei den Pflanzen", deren erster Theil 1844 in der von ihm und Schleiden gegründeten Zeitschrift erschien, faßte Nägeli Alles, was bis dahin von ihm und Anderen über Zellbildung beobachtet worden war, von verschiedenen Gesichtspuncten ausgehend, zusammen. Methodisch wurden alle Abtheilungen des Pflanzen-

reichs bezüglich des Vorkommens des Zellkerns geprüft, betreffs der verschiedenen Arten der Zellbildung neu untersucht, alle Fälle der letzteren nach ihren Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten sorgfältig verglichen, um so das Wesentliche und Allgemeine aus den Erscheinungen der Zellbildung abzuleiten. Die nächste Folge war, daß sich Schleiden schon 1845 in der zweiten Auflage seiner Grundzüge genöthigt sah, die von Nägeli konstatirte Zelltheilung bei Algen und Pollenmutterzellen als eine zweite Form der Zellbildung gelten zu lassen, womit der Rückzug begann, der schon im nächsten Jahr mit Vernichtung der Schleiden'schen Theorie endigen sollte. Dieß geschah durch die Fortsetzung von Nägeli's genannter Abhandlung im dritten Bande der Zeitschrift 1846. Bei der Bearbeitung des ersten Theiles war Nägeli von der Richtigkeit der Schleiden'schen Behauptungen ausgegangen, obgleich er dieselben schon damals beträchtlich einschränken mußte. Im zweiten Theil der Abhandlung dagegen wird in Folge der weiter fortgesetzten Untersuchungen die Schleiden'sche Theorie unumwunden in jeder Beziehung für unrichtig erklärt und Punct für Punct schlagend widerlegt. Bei diesem negativen Ergebniß brauchte Nägeli um so weniger stehen zu bleiben, als seine umfassenden Untersuchungen zugleich das Material lieferten, aus welchem sich eine neue Zellbildungstheorie aufbauen ließ, welche nicht nur die verschiedensten Fälle umfaßte, sondern auch das ihnen allen zu Grunde liegende Gesetz aussprach. Vergleicht man diesen zweiten Theil von Nägeli's genannter Abhandlung mit Mohl's Arbeiten von 1833—1846, so bleibt kein Zweifel, daß Mohl zwar eine Anzahl wichtiger Thatsachen genau beobachtet hatte, daß jedoch Nägeli dieselben sehr erweitert und was die Hauptsache ist, sie zu einer umfassenden Theorie verarbeitet hat, welche alle Formen der Zellbildung umfaßt. Wie wichtig für die Ausbildung der Zelltheorie die richtige Unterscheidung des Protoplasma's von den übrigen Inhaltsmassen der Zelle war, ersieht man aus der Aeußerung Nägeli's, er nehme seine frühere, von Schleiden ausgehende Ansicht zurück, weil dieselbe aus einer Zeit stamme, wo er die

Bedeutung der Schleimschicht (des Protoplasma's) noch nicht kannte, indem er aber freilich auch auf andere Puncte und neuere Erwägungen hinwies, welche Schleiden's Theorie definitiv beseitigten. Nachdem er die verschiedenen Formen der freien Zellbildung untersucht und die Vorgänge dabei ganz anders gefunden hatte, als Schleiden, ging er dazu über, die freie Zellbildung auch da aufzusuchen, wo sie nach Schleiden's Behauptung ausnahmslos vorkommen sollte, in den wachsenden vegetativen Organen höherer Pflanzen. Diese Untersuchung führte ihn aber zu dem Schluß, daß alle vegetative Zellbildung eine „wandständige" (Zelltheilung) sei, und daß auch die reproduktive mancher Algen und Pilze durch Theilung stattfinde; durch freie Zellbildung entstehen die Reproduktionszellen der meisten Pflanzen, wobei der Begriff der freien Zellbildung jedoch noch nicht ganz in dem später gebrauchten Sinne aufgefaßt wird, insoferne Nägeli auch noch die Tetradenbildung der Sporen und Pollenkörner in den Begriff der freien Bildung hineinzog. War der Unterschied zwischen Zelltheilung und freier Zellbildung auch schon vorher von anderen mehrfach angedeutet worden, so wurde er doch zuerst von Nägeli, wenn auch noch nicht ganz in dem später geltenden Sinne charakterisirt. „Bei der wandständigen Zellbildung (Zelltheilung), theilt sich der Inhalt der Mutterzelle in zwei oder mehrere Parthieen; um jede dieser Inhaltsparthieen entsteht eine vollständige Membran, welche im Momente ihres Auftretens theils an die Wandung der Mutterzelle, theils an die zugekehrten Wandungen der Schwesterzellen sich anlehnt. Bei der freien Zellbildung isolirt sich ein kleiner oder größerer Theil des Inhaltes, wohl auch der ganze Inhalt einer Zelle. An seiner Oberfläche bildet sich eine vollständige, an ihrer äußeren Fläche überall freie Membran. Die Zellbildung enthält zwei Momente; das erste besteht in der Isolirung oder Individualisirung einer Parthie des Inhaltes der Mutterzelle, der zweite besteht in der Entstehung einer Membran um diese individualisirte Inhaltsparthie." Es wird ferner gezeigt, daß die Zellhaut

durch Ausscheidung stickstofffreier Moleküle aus dem stickstoffhaltigen Schleim (dem Protoplasma) entsteht. In diesen Sätzen ist das Allgemeine und Wesentliche der vegetabilischen Zellbildung herausgehoben. Weiterhin werden die verschiedenen Zellbildungsvorgänge in ihrer Besonderheit charakterisirt: die Individualisirung des Inhalts behufs der Zellbildung tritt nach Nägeli in vier Gestalten hervor; erstens können sich einzelne kleine Parthieen des Inhalts innerhalb des Uebrigen absondern, wie es bei der Bildung der freien Keimzellen von Algen, Flechten, Pilzen und der Endospermzellen der Phanerogamen geschieht; zweitens sammelt sich der ganze Inhalt einer Zelle oder zweier durch Copulation verbundener Zellen zu einer freien kugelförmigen oder ellipsoidischen Masse, wie bei der Keimzellenbildung der Conjugaten; drittens theilt sich der ganze Inhalt einer Zelle in zwei oder mehrere Parthieen, was Nägeli die wandständige Zellbildung, was man aber jetzt einfach die Zelltheilung nennt, von welcher Nägeli als vierte Form die sogenannte Abschnürung, wie sie bei der Keimzellenbildung mancher Algen und vieler Pilze vorkommt, unterscheidet.

Schleiden hatte schon als allgemeines Gesetz für die Pflanzen ausgesprochen, daß Zellen nur innerhalb von Mutterzellen entstehen; wogegen Meyen, Endlicher und Unger noch in den letzten Jahren auch Neubildung von Zellen zwischen den älteren angenommen hatten; dem entgegen betonte Nägeli, daß alle vegetative normale Zellbildung, ebenso wie alle reproduktive nur innerhalb von Mutterzellen geschieht.

Der lange Zeit so beliebten Annahme gegenüber, daß es eine allgemeine Grundform der Zelle geben müsse, wies Nägeli auf die Thatsache hin, daß die Zellen im Moment ihres Entstehens sehr verschiedene Formen haben. Die durch freie Zellbildung erzeugten seien anfangs immer sphärisch oder ellipsoidisch, die durch Zelltheilung dagegen besitzen diejenige Gestalt, welche durch die Form der Mutterzelle und durch die Art der Theilung nothwendig bedingt wird. Er zeigte ferner wie die Gestaltänderungen der Zellen bei fortschreitendem Wachsthum wesentlich davon abhängen, ob die Zellen an allen Theilen

ihres Umfangs gleichmäßig sich ausdehnen, oder nur einzelne Stellen, Erwägungen, welche hier, so nahe sie auch lagen, doch zum ersten Mal gemacht und verwerthet wurden.

Der mit der Sache selbst Vertraute wird in den angeführten Sätzen, auch ohne ausführliche Erläuterung, die wesentlichen Grundlagen der noch jetzt geltenden Zellentheorie um so leichter wiedererkennen, wenn er das vorher und gleichzeitig von Schleiden, Unger und Mohl über die Zellbildung Gesagte damit vergleicht. Es ist aber selbstverständlich, daß durch die weiteren Untersuchungen, die in den nächsten zwanzig Jahren mit großem Eifer betrieben wurden, und eine ansehnliche Literatur über die Zellbildung hervorriefen, Nägeli's Theorie in vielen Einzelheiten weiter gefördert und ausgebaut, in einigen mehr nebensächlichen Puncten berichtigt wurde, was fortan um so leichter geschehen konnte, als nunmehr ein Schema gegeben war, an welches sich die Untersuchung der Specialfragen anschließen konnte. Ob der Zellkern ein solider Körper oder ein Bläschen sei, ob die Theilungswand bei der Fächerung einer Mutterzelle immer von außen nach innen wachse oder in ihrer ganzen Fläche simultan entstehe, ob sie ursprünglich aus zwei Lamellen zusammengesetzt sei oder erst später sich differenzirt, diese und viele andere Fragen wurden im Lauf der Zeit entschieden.

Die Schleiden'sche Theorie war nun definitiv beseitigt, ein tieferer Blick in das Wesen der Zelle gethan, der Begriff, der sich mit diesem Wort verbindet, erweitert und vertieft. Die nun bekannte Entstehung der Zellen zeigte, daß die Zellhäute, welche man bisher für die Hauptsache gehalten, nur sekundäre Produkte sind, daß der eigentliche, lebendige Leib der Zelle vielmehr durch den Inhalt, zumal durch den Protoplasmakörper dargestellt wird. Alexander Braun sprach es 1850 (Verjüngung p. 244), gestützt auf zahlreiche Untersuchungen an niederen Algen, aus: Es sei ein Mißstand, daß man mit dem Wort Zelle bald die Zelle mit Haut, bald die Zelle ohne Haut, bald die Haut ohne Zelle bezeichne. Da der Inhalt der wesentliche Theil derselben sei, da er schon vor der Absonderung der

Cellulose-Haut ein abgeschlossenes Ganze bilde, das seine eigene hautartige Begrenzung, den Primordialschlauch, besitzt, so müsse man, wenn man die Bezeichnung Zelle nicht bloß auf die umhüllende Haut oder Kammer anwenden und den Inhaltskörper mit einem andern Namen belegen wolle, gerade diesen letzteren als die eigentliche Zelle bezeichnen. Diese Auffassungsweise, welche bei der Bildung der Schwärmsporen der Algen und Pilze, aber auch in vielen anderen Fällen sich ganz unmittelbar dem Beobachter als die richtige darstellt, ist fortan ein wesentliches Moment der Zellenlehre geblieben. Alexander Braun trug außerdem zur Klärung der Begriffe dadurch bei, daß er alle bis zum Jahre 1850 ihm bekannt gewordenen Modalitäten der Zellbildung systematisch übersichtlich zusammenstellte und klassificirte, besonders auch die Copulationsformen eingehender als bisher behandelte. Ganz an die deutschen Beobachter lehnten sich Henfrey's Mittheilungen (Flora 1846 und 1847) an, ohne selbständig wesentlich Neues zu Tage fördern. Dagegen trugen Hofmeister's neue Beobachtungen über die Entwicklung des Pollens 1848 und die zahlreichen Mittheilungen über Zellbildungsvorgänge in seinen epochemachenden embryologischen Untersuchungen (1851) vielfach zur Aufklärung zweifelhafter Puncte, zumal über das Verhalten des Zellkerns bei der Zellbildung und über die Entstehung der Theilungswände bei. Mohl, der sich bis 1846 der damals herrschenden Schleiden'schen Theorie gegenüber, trotz seiner eigenen guten Beobachtungen, einigermaßen rathlos verhielt, gab nun 1851 in seiner schon genannten Abhandlung „die vegetabilische Zelle" eine vortreffliche, übersichtliche und klare Darstellung der bis dahin gewonnenen Ergebnisse. Besonders hob er betreffs der Zelltheilung hervor, daß die neuen Kerne schon vor beginnender Theilung des Inhalts die Centralpuncte der künftigen Tochterzellen einnehmen; dagegen hielt er auch jetzt noch an seiner alten Meinung fest, daß bei jeder Zelltheilung, wie bei Cladophora, die Scheidewand von außen nach innen fortschreitend sich bilden müsse, gegenüber Nägeli's und Hofmeister's ganz richtigen Angaben, daß auch simul-

tane Entstehung der Scheidewände vorkomme. Wie gewöhnlich stützte Mohl aber seinen Widerspruch auf eine gute Beobachtung, indem er zeigte, daß es bei der Pollenbildung dikotyler Pflanzen gelinge, den bereits tief vierlappig gewordenen Protoplasmakörper einer sich theilenden Mutterzelle durch Zersprengung ihrer Haut frei zu legen und in dieser selbst die halbfertigen Scheidewände zu sehen, was freilich nur zeigte, daß hier die Sache sich wirklich so verhält, während in anderen Fällen simultane Scheidewandbildung erfolgt. Bei dieser Gelegenheit mag darauf hingewiesen werden, daß der 1842 von Nägeli eingeführte Begriff der Spezialmutterzellen bei der Pollenbildung dem damaligen Stand der Wissenschaft vollkommen entsprach, insofern er mit diesem Ausdruck diejenigen Zellhautlamellen bezeichnete, welche während der successiven Theilung der Pollenmutterzelle sich bilden. Diese auch jetzt noch als Spezialmutterzellen zu bezeichnen, wie es in neuester Zeit einzelne Phytotomen thun, ist insofern durchaus unberechtigt, als nach Nägeli's 1846 aufgestellter Zellentheorie, wie wir gesehen haben, das Wort Zelle nicht mehr bloß die Haut, sondern den ganzen Körper bezeichnete, wogegen dem Ausdruck Spezialmutterzelle der ältere Sprachgebrauch zu Grunde liegt, nach welchem Zelle und Zellhaut identisch sind.

Was nach 1851 bis tief in die sechziger Jahre hinein zur Förderung der Zellbildungslehre geschah, hatte verhältnißmäßig geringere Bedeutung im Vergleich zu dem großartigen Aufschwung den sie in den vorhergehenden zehn Jahren genommen hatte; wie denn überhaupt diese zehn Jahre die fruchtbarsten und thatenreichsten auf allen Gebieten der Botanik waren. Durch die Arbeiten Unger's, Mohl's, Nägeli's, Braun's, Hofmeister's war nunmehr die Zellentheorie nicht nur in ihren Fundamenten begründet, sondern auch schon bis in's Einzelne ausgebaut, die Begriffe geklärt. Nunmehr konnten auch die Lehrbücher die neue Lehre in weiteren Kreisen verbreiten; zu ihnen dürfen wir in gewisser Beziehung auch Mohl's genannte Abhandlung über die vegetabilische Zelle rechnen, da sie

später in besonderer Ausgabe in den Handel kam und von vielen Lehrern der Botanik ihren Vorträgen als Leitfaden zu Grunde gelegt wurde. Es wurde jetzt überhaupt Mode, nicht mehr Lehrbücher der Botanik, sondern Compendien der Anatomie und Physiologie zu schreiben, während die Morphologie und Systematik ebenso unbeachtet blieben, wie in der vorschleiden'schen Zeit gewöhnlich die Anatomie und Physiologie; wer ein vollständiges Lehrbuch der ganzen Botanik benutzen wollte, mußte sich daher auch später noch an Schleiden's Grundzüge halten, was wiederum nicht wenig dazu beitrug, die unrichtige Zellen- und Befruchtungslehre Schleiden's auch dann noch in weiteren Kreisen zu verbreiten, als bei den Fachmännern die neueren und richtigeren Ansichten längst feststanden; es ist überhaupt eine leidige Eigenthümlichkeit unserer Wissenschaft, daß sie an guten Lehrbüchern, welche dem jeweiligen Stand der Forschung allseitig Rechnung tragen, so außerordentlich arm ist; sicherlich liegt darin eine von den Ursachen, die es bewirken, daß seit langer Zeit auch die offiziellen Vertreter der Botanik in den Grundanschauungen über Methode, über das wirklich Feststehende und noch Zweifelhafte in den Hauptgebieten vielfach soweit von einander abweichen, daß selbst die gegenseitige Verständigung oft unmöglich wird. Daß es in dieser Beziehung in der Zoologie, Physik und Chemie viel besser steht, verdankt man gewiß nicht zum geringsten Theil den zahlreichen gutem Compendien und Lehrbüchern, welche bestrebt sind, dem Fortschritt der Wissenschaft von Jahr zu Jahr Rechnung zu tragen.

Im Lauf der fünfziger und sechziger Jahre waren es Schacht und Unger, welche die Resultate der neuen phytotomischen Forschungen in Lehrbüchern auch weiteren Kreisen zugänglich zu machen suchten. Zu den Lehrbüchern nämlich rechne ich auch Schacht's [1]) „Die Pflanzenzelle" 1852, ein Buch, in welchem der Anspruch erhoben ward, alle Theile der Phytotomie ganz

[1]) Hermann Schacht geb. zu Ochsenwerder 1824, gest. zu Bonn 1864, wo er seit 1859 Professor der Botanik war.

und gar auf eigene Beobachtungen gestützt mit nur nebensächlicher Berücksichtigung der Literatur darstellen zu wollen, was jedoch insoferne ganz unmöglich war, als der Verfasser die wesentlichen Puncte schon völlig bereinigt in der Literatur vorfand; das Werk hatte jedoch den Vorzug, durch zahlreiche gute Originalabbildungen den Leser zu fesseln; auch die Darstellung wurde durch die fortwährende Berufung auf eigene Beobachtung belebt; doch ließ sich nicht verkennen, daß die Literatur nicht gehörig benutzt war, der Verfasser daher vielfach hinter dem wahren Stand derselben zurückblieb. Schlimmer, als dieß, war jedoch ein gewisser Mangel an formaler Bildung, der den Verfasser häufig zu Widersprüchen mit sich selbst, zu unrichtiger Klassifikation der Thatsachen führte; prinzipiell Wichtiges wurde über unbedeutenden Einzelheiten vielfach übersehen und im Ganzen machte sich in demselben eine ziemlich gedankenlose Empirie geltend, welche von der logischen Schärfe in Mohl's, Nägeli's, Hofmeister's Arbeiten allzusehr abstach. In der 1856 erschienenen zweiten Auflage, welche als „Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse" betitelt ist, war zwar Vieles im Einzelnen gebessert, im Ganzen aber zeigte das Buch noch dieselben formalen Uebelstände wie früher. Es ist historisch nicht unwichtig, dieß hervorzuheben, weil in den fünfziger und sechziger Jahren die Mehrzahl der jüngeren Botaniker und viele Andere ihre Kenntniß der Phytotomie, zumal der Zellenlehre, hauptsächlich aus Schacht's Büchern schöpften, in denen aber der wahre Stand der Wissenschaft nicht repräsentirt war und deren mangelhafte Logik jüngeren Lesern gewiß nicht zu Gute gekommen ist, besonders dazu beitragen mußte, auch auf dem Gebiet der Phytotomie und Physiologie der Pflanzen eine gedankenlose Anhäufung von Thatsachen einzubürgern, wie es lange Zeit auch in der Morphologie und Systematik geschehen ist.

Viel gelungener in der Form und Strenge der Darstellung war Unger's Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen von 1855. Mit sorgfältiger Berücksichtigung alles Bekannten, wenn auch zuweilen mit einiger Uebereilung des

Urtheils, wurde dort der Anfänger in das Gebiet der Zellenlehre eingeführt, das prinzipiell Wichtige überall in den Vordergrund gestellt, die einzelnen Thatsachen zur Erklärung der allgemeinen Sätze benutzt, wie es in einem Lehrbuch immer geschehen sollte. Unger's Buch enthielt aber außerdem manches wirklich Neue und Werthvolle unter Anderem auch sehr wichtige Bemerkungen über die physiologischen Eigenschaften des Protoplasma's und vor Allem wurde hier zum ersten Mal hingewiesen auf die Aehnlichkeit desselben mit der Sarkode der Rhizopoden, welche Max Schultze vorher sorgfältig beschrieben hatte. In demselben Jahr publicirte auch Nägeli Untersuchungen über den Primordialschlauch und die Bildung der Schwärmsporen (Pflanzenphysiologische Untersuchungen, Heft I), welche neue Einblicke in die physikalisch physiologischen Eigenschaften des Protoplasma's ergaben. Ich habe schon oben darauf hingewiesen, wie De Bary's Untersuchungen über die Myxomyceten 1859 das Protoplasma von einer neuen Seite beleuchteten, wie man hier Lebenserscheinungen desselben kennen lernte, welche den sonst bekannten analog aber gerade dadurch so sehr auffallend waren, daß hier das Protoplasma nicht bloß in mikroskopisch kleinen Massen und in feste Zellhäute eingekapselt, sondern in großen zuweilen mächtigen Klumpen ganz frei, nicht eingeschlossen in Zellwände, sich bewegte und Gestaltveränderungen zeigte. Hier war die beste Gelegenheit geboten, das Protoplasma näher kennen zu lernen, in ihm den unmittelbarsten Träger nicht nur des vegetativen, sondern auch des animalischen Lebens zu erkennen; in den nächsten Jahren wurde denn auch von Seiten der Zootomen und Physiologen Max Schultze, Brücke, Kühne u. a. constatirt, daß die der animalischen Zellbildung zu Grunde liegende Substanz in den wichtigsten Eigenschaften mit dem Protoplasma der Pflanzenzellen übereinstimmt. Eine ausführlichere Darstellung der neueren Protolasmastudien, die uns auch veranlassen müßte, Hofmeister's Buch „die Lehre von der Pflanzenzelle“ 1867 eingehender zu würdigen, gehört jedoch nicht mehr in den Rahmen unserer Geschichte.

2. Weitere Ausbildung der Ansichten über die Natur des festen Zellhautgerüstes der Pflanzen seit 1845.

In den vierziger Jahren waren, wie wir gesehen haben, die hervorragenden Vertreter der Phytotomie ganz vorwiegend damit beschäftigt, die Entstehung der Pflanzenzellen zu beobachten, die Zellbildungstheorie induktiv zu begründen. Es war nicht zu erwarten, daß schon während dieser Arbeiten, welche Jahr für Jahr neue Aufschlüsse brachten und die Ansichten über die Entstehung der Zellen im Fluß erhielten, die neuen Ergebnisse auch zu wesentlichen Aenderungen der von Mohl begründeten Theorie des festen Zellhautgerüstes führen sollten. Vielmehr gewannen erst jetzt Mohl's uns bereits bekannte Ansichten vom Zusammenhang der Zellen unter einander, von der Configuration ihrer Scheidewände und dem Dickenwachsthum derselben, ihren nachhaltigsten Einfluß. Den damals noch sehr schwankenden Ansichten über die Entstehung der Zellen gegenüber stand Mohl's Theorie fest und fertig da; es wurde einstweilen nicht viel gefragt, ob und in wieweit dieselbe mit den neuen Beobachtungen über die Bildungsgeschichte der Zellen verträglich sei. Mitten in den Kampf der Meinungen über diese letztere hinein erschienen Mohl's vermischte Schriften 1845, wo dessen Ansichten vom fertigen Gewebebau der Pflanzen in einer Reihe von Monographien als ein anscheinend völlig gesichertes Resultat hervortraten. In der That knüpften denn auch die phytotomischen Arbeiten bis zum Beginn der sechziger Jahre an den von Mohl vertretenen Gedankengang überall an, bis endlich zwischen 1858 und 1863 durch Nägeli's neue Theorie des Wachsthums durch Intussusception, sowie durch eine weitere Vertiefung der Zellbildungslehre die Unzulänglichkeit von Mohl's Grundanschauungen über den festen Theil der Pflanzenstruktur hervortrat.

Deutlich genug zeigt sich die Richtigkeit des oben Gesagten in der weiteren Entwicklung der Ansichten über die Intercellularsubstanz und die Cuticula, die schon in den

vierziger Jahren an die neue Zellentheorie mit Erfolg hätte anknüpfen können, dieß jedoch nicht that, sondern ganz auf den vor 1845 entstandenen Gedankengang zurückgriff. Es wurde schon im vorigen Capitel darauf hingewiesen, wie Mohl seine 1836 aufgestellte Theorie von der Interzellularsubstanz nach und nach einschränkte, und dieselbe um 1850 nur noch als einen in manchen Fällen sichtbaren Kitt zwischen den Zellwänden gelten ließ. Es ist hier nachzutragen, daß Schleiden im Zusammenhang mit seiner Zellentheorie die Interzellularsubstanz ebenso wie die Cuticula als nachträgliche Ausscheidungen der Zellen betrachtete, die Interzellularräume durch jene sich füllen ließ, ähnlich wie milch- und harzführende Gänge durch die Sekrete ihrer Grenzzellen (1845). Auch Unger hielt noch 1855 („Anatomie und Physiologie der Pflanzen") die Existenz eines Kittes zwischen den Zellen für nöthig, damit sie nicht auseinanderfallen. Schacht, der schon in seiner „Pflanzenzelle" 1852 die Interzellularsubstanz und die Cuticula im Anschluß an Schleiden für Ausscheidungen oder Excrete der Zellen genommen hatte, hielt im Ganzen auch 1858 noch an dieser Vorstellung fest, wenn er sie auch in einigen wichtigeren Puncten modificirte. Dieser Schleiden-Schacht-schen Theorie trat zuerst Wigand in einer Reihe von Abhandlungen 1850 — 1861 entgegen, wo er in strenger Festhaltung der Mohl'schen Appositionstheorie nachzuweisen suchte, daß diejenigen Schichten, welche zumal bei Holzzellen als mittlere Lamellen in den Scheidewänden sichtbar sind, und welche man bisher als einen Kitt zwischen den benachbarten Zellen, als Interzellularsubstanz, betrachtet hatte, weiter nichts seien, als die primären dünnen, bei der Zelltheilung entstandenen Hautlamellen, die eine nachträgliche chemische Veränderung erfahren haben, während sich beiderseits die sekundären Verdickungsschichten im Sinne Mohl's anlagerten. Eine entsprechende Deutung erhielt die Cuticula auf der Epidermis. Wenn später auch Sanio (1863) gegen Wigand's Auffassung Verschiedenes einzuwenden hatte, so hielt er doch den Grundgedanken derselben fest, der eine um so kräftigere Bestätigung dadurch zu gewinnen schien, daß es ihm

gelang, in der gereinigten Interzellularsubstanz des Holzes die bekannte Zellstoffreaktion hervorzurufen.

Wigand's und Sanio's Arbeiten genügten vollkommen die von Mohl begründete Theorie der Interzellularsubstanz und der Cuticula definitiv zu beseitigen; sie lieferten aber deßhalb noch keinen Beweis für die Behauptung, daß die Mittellamellen in der That die primären Scheidewände seien, an welche sich beiderseits, sowie bei der Cuticula nur einseitig die sekundären Verdickungsschichten Mohl's angelagert hätten; vielmehr konnte von dem Standpunct aus, den Nägeli's Theorie der Intussusception nunmehr gewährte, die Struktur der Scheidewände und die Existenz der Cuticula überhaupt ganz anders aufgefaßt werden; man brauchte fortan in der Mittellamelle verdickter Zellen und in der Cuticula weder ein Secret, noch eine primäre Zellhautlamelle zu sehen, denn es eröffnete sich nunmehr die Möglichkeit, daß diese Schichtenbildungen durch nachträgliche chemische und physikalische Differenzirung der durch Intussusception sich verdickenden Häute entstehen. Da die Phytotomen auch heute noch nicht über die Richtigkeit dieser Ansicht ganz einig sind, so sollte hier eben nur hervorgehoben werden, daß in der Frage der Cuticula und der Interzellularsubstanz eines derjenigen Momente liegt, durch deren Entscheidung die ältere Mohl'sche Appositionstheorie in Frage gestellt wird. Es ist nicht mehr Sache diese Geschichte, die in den sechziger und siebziger Jahren geltend gemachten neueren Ansichten vorzuführen, da der Streit noch nicht definitiv geschlichtet ist.

Zu Mohl's Vorstellung von dem festen Zellhautgerüst der Pflanzen gehörte die von ihm seit 1828 wie ein Dogma festgehaltene Ansicht, daß abgesehen von den Querwänden der ächten Holzgefäße und manchen sehr vereinzelten Vorkommnissen, eine Durchlöcherung der Scheidewände im Zellgewebe nicht vorkomme; daß die einfachen und gehöften Tüpfel vielmehr immer durch die primäre sehr dünne Hautlamelle verschlossen bleiben. Zwischen 1850 und 1860 jedoch wurden verschiedene, für die Physiologie sehr wichtige Ausnahmen von dieser Mohl'schen Regel con-

statirt. Theodor Hartig hatte schon 1851 in seiner Naturgeschichte der Forstpflanzen im Bastsystem eigenthümliche Zellreihen beschrieben, deren Quer- zum Theil auch Längswände von zahlreichen feinen Löchern siebartig durchbohrt schienen, die er deßhalb als Siebröhren bezeichnete. Mohl erklärte sich jedoch 1855, indem er Hartig's Entdeckung übrigens bestätigte und erweiterte, gegen die Durchbohrung der Wände und glaubte an den betreffenden Stellen nur gitterartige Verdickungen der Zellwände zu sehen; er wollte daher Hartig's Siebröhren als Gitterzellen bezeichnet wissen. Da zeigte jedoch Nägeli 1861, daß an der wirklichen Durchbohrung wenigstens in gewissen Fällen nicht zu zweifeln ist, daß die Siebplatten dem Transport schleimiger Stoffe im Bastgewebe dienen; nebenbei sei bemerkt, daß ich 1863, Hanstein 1864 Mittel angaben, durch welche man sich mit Leichtigkeit die Gewißheit verschaffen kann, daß Hartig's Siebplatten in der That durchlöchert sind. Unterdessen hatte man auch schon eine Zahl von Milchsaft führenden Organen als gefäßartige Bildungen im Sinne Mohl's erkannt und gefunden, daß derartige Canäle durch Auflösung der Querwände benachbarter Zellen entstehen. Doch blieb die Kenntniß der milchführenden Organe noch bis gegen die Mitte der sechziger Jahr hin eine sehr ungeordnete und lückenhafte und auch die Untersuchung der Harzgänge und ihre Entstehung durch bloßes Auseinanderweichen der Zellen gehört erst der neueren Phytotomie an; Hanstein, Dippel, N. J. C. Müller, Frank u. A. haben seit 1860 die Kenntniß dieser Gewebebildungen gefördert. Eine der allerwichtigsten Ausnahmen von Mohl's obengenannter Ansicht, constatirte schon 1860 Schacht, indem er entwicklungsgeschichtlich die Entstehung und wahre Form der gehöften Tüpfel im Holz der Coniferen und in den punktirten Gefäßen der Angiospermen nachwies und außerdem zeigte, daß in allen solchen Fällen, wo die gehöften Tüpfel auf beiden Seiten einer Scheidewand ausgebildet sind, und wo die benachbarten Zellen später Luft führen, daß da die ursprüngliche, sehr dünne Scheidewand im gehöften Tüpfel verschwindet, daß somit in solchen

Fällen die gehöften Tüpfel ebensoviele offene Löcher darstellen, durch welche die benachbarten Zellen und Gefäße communiciren. Zugleich ergab sich die Erklärung einer anderen bis dahin unerklärlichen Erscheinung. Wie schon Malpighi und die Phytotomen am Anfang unseres Jahrhunderts bemerkt hatten, füllen sich nicht selten die großen Gefäßröhren des Holzes mit parenchymatischem Zellgewebe an, über dessen Ursprung man natürlich nicht in's Reine kam. Nach Schacht's Entdeckung aber konnte die Erscheinung nunmehr ganz einfach erklärt werden: die Tüllenbildung findet nur dann in den Gefäßen statt, wenn diese an geschlossene Holzparenchymzellen angrenzen; in diesem Fall wird die sehr dünne, die gehöften Tüpfel von der Nachbarzelle abschließende Haut nicht resorbirt, vielmehr wölbt sie sich unter dem Saftdruck der benachbarten Parenchymzelle in den Gefäßraum hinein, schwillt daselbst blasenförmig an und kann durch Auftreten von Scheidewänden zur Bildung von parenchymatischen Zellen Anlaß geben, die nun aus zahlreicheren Tüpfeln hervortretend die Höhlung des Gefäßes erfüllen.

3. Entwicklungsgeschichte und Classification der Gewebeformen.

Es wurde früher schon hervorgehoben, wie der erste Anfang zu einer sachlichen Orientirung im Gesammtbau der höheren Pflanzen von Moldenhawer dadurch gemacht wurde, daß er von den Monocotylen ausgehend das Gefäßbündel als ein Ganzes, als ein aus verschiedenen Gewebeformen bestehendes Gewebesystem auffaßte und diese Vorstellung auch bei der Beurtheilung des Stammes der Dicotylen festhielt, wodurch zunächst die alte Malpighi'sche Theorie vom Dickenwachsthum der Stämme beseitigt wurde. Auch darauf wurde schon hingewiesen, daß Mohl in diesem Sinne fortschreitend auch die Epidermis und die übrigen Hautgewebeformen näher charakterisirte und classificirte d. h. eine auf sachliche Erwägung begründete Nomenklatur einführte, ohne in dieser Beziehung jedoch zu einem genügenden Abschluß zu gelangen, der in der That auch nur durch die

24*

Entwicklungsgeschichte gefunden werden konnte; denn ebenso wie für den Begriff der Zelle und seinen Unterarten, wie für die Beurtheilung der wahren Natur des festen Gerüstes der Pflanzenstruktur, so ist auch für die richtige Unterscheidung und Classification der Gewebeformen die Entwicklungsgeschichte vor Allem maßgebend; sie liefert die morphologischen Gesichtspuncte für das Verständniß des inneren Gesammtbaues der Pflanzen, weil sie die Gewebeformen in solchen Entwicklungszuständen aufsucht, wo sie ihren späteren physiologischen Funktionen noch nicht angepaßt sind. Länger als in anderen Disciplinen der Botanik hat sich auf diesem Gebiet die Vermengung morphologischer und physiologischer Gesichtspuncte bei der Beurtheilung des Thatbestandes erhalten, aber auch hier traten die neueren entwicklungsgeschichtlichen Beobachtungen sichtend und klärend in die Entwicklung der Begriffe und Ansichten ein; jedoch erst in den fünfziger Jahren und später, als die Zellbildungstheorie der Hauptsache nach entschieden war und die Führer auf dem Gebiet der Phytotomie wieder Zeit fanden, sich derartigen histologischen Fragen zu widmen.

Wie wenig man sich noch in den vierziger Jahren in den Verschiedenheiten der Gewebeformen höherer Pflanzen zurecht zu finden wußte, zeigt z. B. die Uebersicht der Gewebeformen in Schleiden's Grundzügen 1845 (p. 232), wo die Begriffe Parenchym, Interzellularsubstanz, Gefäße, Gefäßbündel, Bastgewebe, Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen, Milchsaftgefäße, Filzgewebe, Epidermoidalgewebe in coordinirten Abschnitten des Textes der Reihenfolge nach abgehandelt werden. Daß auf diese Weise eine geordnete Einsicht in den gesammten Zellenbau einer höheren Pflanze nicht zu erzielen war, bedarf keiner weiteren Begründung. In demselben Werk, wo Schleiden weiterhin eine Classification der Gefäßbündel versuchte, indem er dieselben als geschlossene und ungeschlossene unterschied, von denen die letzteren den Dikotolen zukommen, finden wir als äußere Grenze dieser ungeschlossenen Gefäßbündel die Cambiumschicht selbst genannt; der außerhalb dieser letzteren liegende Bast wurde also nicht als Theil der ungeschlossenen Gefäßbündel betrachtet, womit

natürlich eine fruchtbare Vergleichung der Verhältnisse bei Mono- und Dicotylen abgeschnitten war. In mancher Beziehung noch schlimmer sah es in Schacht's erwähntem Buche „die Pflanzenzelle“ 1852 aus, wo die Histologie unter dem Titel: die Arten der Pflanzenzelle in folgenden coordinirten Abschnitten behandelt wurde: die Schwärmfäden der Kryptogamen, die Sporen derselben, die Pollenkörner, die Zellen und das Gewebe der Pilze und Flechten, die Zellen und das Gewebe der Algen, das Parenchym und seine Zellen, das Cambium und seine Zellen, die Gefäße der Pflanze, das Holz und seine Zellen, die Bastzellen, die Spaltöffnungen, die appendiculären Organe der Oberhaut, der Kork; dann folgt ein Paragraph über den Verdickungsring und erst dann zum nicht geringen Erstaunen des Lesers werden die Gefäßbündel behandelt, nachdem bereits die Gefäße, das Holz und die Bastzellen ihre Erledigung gefunden haben. Daß dieser Darstellungsform eine ebenso unklare Einsicht des Verfassers in dem Gesammtbau der Pflanze zu Grunde liegt, geht aus der Lektüre des Buches ohne Weiteres hervor und auch in Schacht's Lehrbuch von 1856 findet sich noch dieselbe Begriffsverwirrung.

Viel besser ist schon die Classification der Gewebe in Unger's Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen von 1855; nachdem die Lehre von der Zelle abgehandelt ist, folgt eine Hauptabtheilung des Buches als die Lehre von den Zellcomplexen, wo die Zellenfamilien, Zellengewebe und Zellfusionen abgehandelt werden. Ein folgender Hauptabschnitt beschäftigt sich mit der Lehre von den Zellgruppen, wo die Epidermoidalbildungen, die Lufträume, Saftbehälter, Drüsen und Gefäßbündel im Einzelnen behandelt werden, bei welcher Eintheilung allerdings übersehen ist, daß man den Epidermoidalbildungen zwar die Gefäßbündel als coordinirte Begriffe entgegenstellen kann, daß ihnen jedoch Lufträume, Saftbehälter und Drüsen nicht als gleichwerthige Theile entgegengestellt werden können. Ein letzter Hauptabschnitt Unger's behandelt als Lehre von den Systemen die Art und Weise, wie bei verschiedenen Pflanzen die Gefäßbündel unter einander verbunden sind und in ganz richtiger Gedankenverbindung wird

hier das nachträgliche Dickenwachsthum und die Thätigkeit der Cambiumschicht mitbehandelt.

Wie überall, wo es galt, die fundamentalen Begriffe unserer Wissenschaft festzustellen, sich in den Thatsachen nach umfassenden Gesichtspuncten zu orientiren und die Prinzipien dazu in der Entwicklungsgeschichte zu suchen, so finden wir auch hier wieder Nägeli's Arbeiten als die grundlegenden und bahnbrechenden. In seinen „Beiträgen zur wissenschaftlichen Botanik" stellte Nägeli 1858 eine Classification der Gewebeformen nach rein morphologischen Gesichtspunkten auf. Als Hauptabtheilungen unterschied er zunächst die Theilungsgewebe von den Dauergeweben; in jeder Abtheilung sind wieder zwei Hauptformen, die prosenchymatischen und parenchymatischen Gewebe unterschieden. Das parenchymatische Theilungsgewebe, aus welchem anfänglich jedes junge Organ besteht, nannte er das Urmeristem im Gegensatz zu dem prosenchymatischen Theilungsgewebe, welches sich in Form von Strängen und Schichten differenzirt und von ihm allgemein Cambium genannt wurde; eine allerdings nicht glückliche Unterscheidung schon deßhalb, weil Nägeli's Cambium keineswegs überall aus prosenchymatischem Gewebe besteht. Als Folgemeristem bezeichnete Nägeli solche Gewebestränge und Gewebeschichten, welche zwischen dem Dauergewebe älterer Theile auftreten. Aus dem Urmeristem scheidet sich nach Nägeli zunächst das Cambium aus. — Die zweite Hauptform, das Dauergewebe, theilt er nicht nach der Gestalt der Zellen oder nach physiologischen Beziehungen ein, sondern zunächst nach ihrer Abstammung in zwei Classen: Alles Dauergewebe, welches vom Urmeristem unmittelbar abstammt, ist Protenchym, und Alles, was direkt oder indirekt aus dem Cambium entsteht, Epenchym. Die bisher als Gefäßbündel bezeichneten Gewebestränge glaubte Nägeli, da sie keineswegs bloß Gefäße enthalten, sondern wie schon Bernhardi 1805 hervorgehoben, auch immer faserige Elemente besitzen, deßhalb als Fibrovasalstränge bezeichnen zu sollen. — Wenn auch nicht zu verkennen ist, daß bei dieser Eintheilung die so klar daliegende Verschiedenheit der Hautgewebe

von den übrigen Gewebemassen nicht zu entsprechendem Ausdruck gelangt und wenn auch gegenwärtig schon andere Gesichtspunkte für die genetische Classification der Gewebeformen sich aufstellen lassen, so hatte Nägeli's Eintheilung und Nomenklatur doch den Vorzug, daß durch sie die gesammte Histologie der Pflanzen zum ersten Mal nach umfassenden und genetischen Principien dargestellt wurde. Sie hat wesentlich zur Herbeiführung einer besseren Verständigung über den Gesammtbau der Pflanze beigetragen.

Zu weiterer Untersuchung im genetisch morphologischen Sinn forderten zunächst die Gefäßbündel oder Fibrovasalstränge heraus; denn eine richtige Einsicht in die Entstehung und spätere Veränderung dieses Gewebesystems ist für die Phytotomie ebenso wichtig, wie etwa für die Zootomie der Wirbelthiere die Entstehung und spätere Veränderung des Knochensystems. Für die Phytotomie aber hat die Kenntniß der Gefäßbündel und ihres Verlaufs im Stamm besonders auch deßhalb eine weittragende Bedeutung, weil nur auf diesem Wege eine richtige Einsicht in die Vorgänge des nachträglichen Dickenwachsthums bei den eigentlichen Holzpflanzen zu gewinnen ist.

Es wurde schon erwähnt, daß Mohl bereits 1831 die Individualität der im Stamm beginnenden, in die Blätter ausbiegenden und dort endigenden Stränge nachgewiesen hatte, so daß das ganze Gefäßbündelsystem einer Pflanze aus einzelnen isolirt entstandenen, unter sich aber nachträglich verbundenen Strängen besteht. Schon 1846 hatte Nägeli die entsprechenden Verhältnisse der Gefäßkryptogamen untersucht, als Schacht in seinem erwähnten Buch den Rückschritt machte, das Gefäßbündelsystem einer Pflanze durch fortgesetzte Verzweigung, statt durch nachträgliche Verschmelzung isolirter Stränge entstehen zu lassen, ein Irrthum, welchem Mohl 1858 entschieden entgegentrat; ausführlicher und klarer geschah dieß jedoch durch Johannes Hanstein 1857 und durch Nägeli 1858. In einer Abhandlung über den Bau des dikotylen Holzringes wies Hanstein, die älteren Angaben Nägeli's bestätigend, für die Dicotyledonen und Coniferen nach, daß der primäre Holzkreis in

dem Stamme aus einer Anzahl von Gefäßbündeln entsteht, die mit denen der Blätter identisch sind und im Urmeristem der Knospe entstehn. Diese primordialen Bündel durchziehen selbständig und gesondert eine gewisse Zahl von Stengelgliedern abwärts, um unten isolirt zu endigen oder mit älteren, tiefer unten entsprungenen Nachbarbündeln sich zu vereinigen. Treffend bezeichnete Hanstein die aus der Blattbasis in den Stamm eintretenden und ihn abwärts eine gewisse Strecke weit durchsetzenden Theile der Gefäßbündel als Blattspuren, so daß also kurz gesagt werden kann: Der primäre Holzcylinder der Dicotylen und Coniferen bestehe aus der Gesammtheit der Blattspuren. Umfassender waren Nägeli's Untersuchungen, aus denen schon oben die Nomenclatur der Gewebeformen hervorgehoben wurde. Nägeli unterschied drei Arten von Gefäßbündeln bezüglich ihres Verlaufs: Die gemeinsamen nämlich, welche im Stamme Hanstein's Blattspuren darstellen und mit ihren oberen Enden in die Blätter ausbiegen; im Gegensatz dazu nannte Nägeli stammeigene Stränge diejenigen, welche an ihren vorderen Enden im Vegetationspunct des Stammes sich verlängern, ohne in Blätter auszubiegen; und blatteigene, die nur den Blättern angehören. Der Schwerpunct seiner Untersuchung liegt in den gemeinsamen Strängen, für welche er betreffs der Dicotylen und Coniferen die allgemeine Regel aufstellte, daß sie an der Grenze ihrer auf- und absteigenden Hälften, an der Stelle nämlich, wo sie in das Blatt ausbiegen, sich zu bilden anfangen, um von dort aus abwärts in den Stamm und aufwärts in das Blatt durch Differenzirung entsprechender Gewebezüge sich fortzubilden. Es liegt in der Natur der gemeinsamen Stränge, daß ein tieferes Verständniß ihres Verlaufs und ihrer ersten Entstehung eine genauere Kenntniß der Entstehungsfolge der Blätter am Stammende und der phyllotaktischen Veränderungen während des Wachsthums voraussetzt; Beziehungen, welche Nägeli ausführlich erwog und aus welchen er neue Gesichtspuncte für die genetische Betrachtung der Blattstellung selbst ableitete, indem er zugleich auf die ungenügende genetische Grundlage der Schimper-

Braun'schen Blattstellungslehre hinwies. — Nägeli war auch der erste, der die anatomische Struktur der Wurzeln mit der der Stämme verglich und besonders auf die eigenartige Natur des Fibrovasalkörpers in diesen Organen hinwies. Wie früher Nägeli's Entdeckung der Scheitelzelle und ihrer Segmentirung, so rief auch jetzt wieder seine Abhandlung über die Fibrovasalstränge zahlreiche Bearbeitungen von Seiten anderer hervor, unter denen ganz besonders Carl Sanio's Abhandlung über die Zusammensetzung des Holzkörpers (Bot. Zeitg. 1863) als eine der ersten und bedeutendsten erwähnt werden muß, da sie in Verbindung mit Hanstein's und Nägeli's Arbeiten zuerst größere Klarheit in die Vorgänge des Dickenwachsthums der Stämme brachte. Es wurde schon erwähnt, daß es weder Mohl noch Schleiden, weder Schacht noch Unger gelungen war, den richtigen Ausdruck für das Dickenwachsthum zu gewinnen. Es war dieß unmöglich, weil ihnen die erste Entstehung, der wahre Verlauf und die Zusammensetzung der Gefäßbündel vor dem Dickenwachsthum nicht hinreichend bekannt war; im höchsten Grade störend wirkte die begriffliche und sprachliche Verwechslung ganz verschiedener Dinge, die hier mit in Betracht kamen, des sogenannten Verdickungsringes nämlich, in welchem dicht unter der Stammspitze die ersten Gefäßbündel entstehen sollten, mit dem viel später erst sich bildenden Cambium der ächten Holzpflanzen und dieser beiden wiederum mit der sehr spät entstehenden Meristemschicht, in welcher bei den baumförmigen Liliaceen fortwährend neue Gefäßbündel entstehen und ein sehr eigenthümliches Dickenwachsthum der Stämme bewirken [1]). Erst durch Sanio's Abhandlung wurden diese selbst von Mohl noch 1858 zum Theil festgehaltenen Begriffsverwirrungen beseitigt, indem er besonders den sogenannten Verdickungsring, in welchem dicht unter der Stammspitze die ersten Anlagen der Gefäßbündel entstehen, von dem ächten Cambium scharf unterschied, welches erst viel später in den Gefäßbündeln und zwischen

---

[1]) Vergl. Sachs, Lehrbuch der Botanik 4. Aufl. 1874 p. 129.

diesen sich bildet, um dann die secundären Holz- und Rindenlagen zu erzeugen; auch ließ es sich Sanio angelegen sein, die verschiedenen Elementarorgane des Holzkörpers einer sorgfältigeren Unterscheidung, besserer Classification und Nomenclatur zu unterwerfen. Der eigenthümliche Vorgang des nachträglichen Dickenwachsthums der baumartigen Liliaceen, der längst bekannt, vorwiegend dazu beigetragen hatte, Mohl und Schacht in Mißverständnisse zu verwickeln, wurde dagegen zuerst 1865 durch A. Millardet vollständig aufgeklärt. Die späteren Arbeiten Nägeli's, Radlkofer's, Eichler's u. A. über abnorme Holzbildungen trugen noch wesentlich zur Klärung des Verständnisses auch des normalen Wachsthums bei; doch gehören diese in die sechziger Jahre fallenden Arbeiten ebensowenig wie Hanstein's neuere Untersuchungen über die Gewebedifferenzirung im Stammende der Phanerogamen, in den Rahmen unserer Geschichte.

4. Nägeli's Theorie der Molecularstruktur und des Wachsthums durch Intussusception,

auf deren große Wichtigkeit für die weitere Entwicklung der Phytotomie und Physiologie der Pflanzen schon oben hingewiesen wurde, soll hier den Abschluß unserer Geschichte der Pflanzenanatomie bilden. Es war ein merkwürdiges Zusammentreffen, daß Nägeli's Moleculartheorie der organisirten Gebilde, welche auch für die Zootomie nicht unfruchtbar bleiben wird, in denselben Jahren um 1860 zur Ausbildung gelangte, in denen auch Darwin zuerst mit seiner Descendenztheorie hervortrat. Auf den ersten Anblick scheinen beide Theorien in gar keinem Zusammenhang zu stehen, dieses zeitliche Zusammentreffen also ein ganz zufälliges zu sein. Geht man jedoch tiefer in die Sache ein, so findet man eine, für die Geschichte der Naturwissenschaft sehr bedeutungsvolle Aehnlichkeit beider Theorieen: durch beide nämlich wurde die bisherige formale Betrachtung organischer Formen auf eine causale zurückgeführt; wie Darwin's Lehre darauf ausgeht, die specifischen Formen der Thiere

und Pflanzen aus der Erblichkeit und Veriabilität unter dem zerstörenden oder begünstigenden Einfluß äußerer Umstände ursachlich zu erklären, so steckt sich Nägeli's Theorie das Ziel, das Wachsthum und die innere Struktur organisirter Körper auf physikalisch chemische und mechanische Vorgänge zurückzuführen. Die Zukunft wird zeigen, ob die von Nägeli gewonnenen Anschauungen in ihrer weiteren Ausbildung nicht dazu beitragen werden auch der Descendenztheorie eine tiefere Begründung zu geben, insofern es nicht unwahrscheinlich ist, daß ein tieferes Verständniß der Molecularstruktur der Organismen den dunklen Begriffen Erblichkeit und Variabilität mehr Licht und Klarheit geben könnte.

Wie immer bei ähnlichen Gelegenheiten, waren auch hier die ersten Anfänge sehr unscheinbar und Niemand konnte den ersten Wahrnehmungen, um die es sich hier handelt, ansehen, was schließlich aus ihnen sich entwickeln sollte. Wie bereits erwähnt, hatte Mohl schon 1836 die sogenannte Streifung gewisser Zellhäute beobachtet, was Meyen veranlaßte, auf Grund weiterer, zum Theil aber unrichtiger Wahrnehmungen die pflanzlichen Zellhäute aus spiralig gewundenen Fasern bestehen zu lassen. Es wurde auch schon früher darauf hingewiesen, wie Mohl die eigentliche Streifung zunächst von spiraligen Verdickungen, die bei Meyen mit untergelaufen waren, unterschied, (1837) und wie er bereits auf gewisse Vorstellungen von der Molecularstruktur der Zellhäute hingeführt wurde, ohne jedoch zu einem genügenden Abschluß zu gelangen. Noch weniger geschah das Letztere bei Agardh, welcher neue Fälle von Zellhautstreifung bekannt machte; 1853 (bot. Zeitg.) nahm sich Mohl nochmals der Sache an, indem er darauf drang, daß eine Trennung der Streifen oder scheinbaren Fasern weder mechanisch noch chemisch möglich sei, wobei er jedoch unentschieden ließ, ob die in der Flächenansicht sich kreuzenden Linien der nämlichen oder verschiedenen Zellhautschichten angehören. Was bald darauf Crüger und Schacht mittheilten, trug zur Förderung der Sache Nichts bei; auch Wiegand trat 1856 in die Diskussion ein, verfehlte aber von vornherein den rechten Weg, insofern er

die sich kreuzenden Streifen als verschiedenen Hautschichten gehörig annahm. So lange man die Mohl'sche Theorie, daß die concentrische Schichtung der Zellhäute durch Anlagerung neuer Schichten entstehe, festhielt, war betreffs der Streifung ein richtiges Urtheil überhaupt kaum zu gewinnen: dieß wurde vielmehr erst dann möglich, als Nägeli in seinem großen Werk über die Stärkekörner 1858 bewies, daß die concentrische Schichtung dieser Gebilde ebensowohl, wie die der Zellhäute überhaupt gar nicht darin besteht, daß gleichartige Schichten einfach an einander liegen, daß vielmehr abwechselnd dichtere, wasserarme und minder dichte, wasserreiche Schichten in der Substanz mit einander abwechseln, und daß diese Form der Schichtung unmöglich durch Auflagerung im Sinne Mohl's erklärt werden könne, wogegen sie durch Einschiebung neuer Molecüle zwischen die schon vorhandenen und durch entsprechende Differenzirung des Wassergehaltes zu erklären sei. Daß das Flächenwachsthum der Zellhäute durch derartige Intussusception stattfindet, war ohnehin gewiß, von Unger gelegentlich betont, und die Erscheinung, welche man als Streifung der Zellhaut bezeichnet, konnte nun auf dasselbe Princip, wie die concentrische Schichtung, nämlich auf eine regelmäßig abwechselnde größere und geringere Wassereinlagerung zurückgeführt werden. Nägeli zeigte aber, was den anderen Beobachtern entgangen war, daß die Strukturverschiedenheit, welche in der Flächenansicht der Zellhaut als gewöhnlich doppelte, gekreuzte Streifung auftritt, die ganze Dicke einer geschichteten Zellhaut durchsetzt. Nägeli gewann so eine Differenzirung in der Substanz jedes kleinen Zellhautstückchens nach drei Richtungen des Raumes, für welche er das schon früher von Mohl gebrauchte Bild treffender als dieser benutzte, daß nämlich die Struktur einer kreuzweis gestreiften und zugleich concentrisch geschichteten Zellhaut derjenigen eines Krystalls vergleichbar sei, welcher nach drei Richtungen spaltbar ist. Diese Vorstellung vom Bau der Zellhaut sprach er zuerst 1862 (Botan. Unters. I. p. 187) aus, um sie dann 1864 (ebenda II. p. 147) weiter zu begründen.

Der eigentliche Ausgangspunct für Nägeli's Theorie von der Molecularstruktur lag jedoch in der von ihm 1858 so eingehend untersuchten Struktur der Stärkekörner. Aus der Art und Weise, wie diese sich gegen Druck und Austrocknung, gegen Quellungsmittel und Extraktion eines Theiles ihrer Substanz verhalten, kam er zu der Vorstellung, daß die gesammte Substanz eines Stärkekorns aus Molecülen besteht, welche nicht rund, sondern polyedrisch geformt sein müssen, die unter sich im normalen Zustand durch Wasserhüllen von einander getrennt sind, und daß der Wassergehalt der geschichteten Substanz von der Größe dieser Molecüle abhängt, insofern er um so geringer sein muß, je größer die Molecüle selbst sind; eine Vorstellungsweise, welche sich nun sofort auch auf die Struktur der Zellhaut übertragen ließ und nach welcher das Wachsthum überhaupt durch Vergrößerung schon vorhandener, sowie durch Einlagerung neuer kleiner Molecüle zwischen die vorhandenen verstanden werden kann. Diese Nägeli'schen Molecüle sind selbst schon sehr zusammengesetzte Gebilde, denn das kleinste derselben würde schon aus zahlreichen Atomen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, gewöhnlich aber würde ein Molecül aus tausenden von solchen Atomaggregaten, welche die Chemiker Molecüle nennen, zusammengesetzt sein.

Schon bei der Untersuchung der Stärkekörner kam Nägeli zu der Folgerung, daß Moleküle von verschiedener chemischer Natur an jedem sichtbaren Punkt zusammengelagert sind: durch Extraktion der Körner ließ sich derjenige Stoff vollständig entfernen, welcher mit Jod ohne Weiteres blau wird, die Granulose. Nach der Extraktion dagegen blieb ein sehr substanzarmes Skelet des Stärkekornes zurück, welches im Wesentlichen genau die ursprüngliche Schichtung zeigte, mit Jod aber keine blaue Färbung annahm und von Nägeli als Stärkecellulose bezeichnet wurde. Aus diesem Verhalten folgte, daß im Stärkekorn zweierlei chemisch verschiedene Molecüle überall neben einander gelagert sind, etwa so, wie wenn man rothe und gelbe Ziegeln zum Aufbau eines Hauses so verwendet hätte, daß nach späterer Weg-

nahme aller gelben Ziegel nunmehr die rothen allein noch das Mauerwerk, wenn auch viel lockerer, so doch in seiner Gesammtform noch darstellen würden. Zu ähnlichen Ergebnissen kam Nägeli 1862 bei den krystallähnlich geformten Proteinkörpern, welche Theodor Hartig vorher entdeckt, Radlkofer krystallographisch, Maschke chemisch untersucht hatte. Da man in gleicher Weise die sogenannten inkrustirenden Substanzen aus Zellhäuten extrahiren kann ohne ihre feine Struktur wesentlich zu ändern, da man durch Verbrennung derselben Aschenskelette gewinnt, welche die feine Struktur der Zellhaut selbst nachahmen, so gilt das oben angewandte Bild in noch complicirterer Weise auch für die Molecularstruktur der Zellhäute, ja manche Erwägungen führen zu der Annahme, daß Nägeli's bei den Stärkekörnern gewonnene Vorstellungsweise sich auch auf die Struktur des Protoplasma's mit gewissen Modificationen wird anwenden lassen.

Wie oben angedeutet, war Nägeli durch Erscheinungen an den Stärkekörnern zu der Annahme geführt worden, daß ihre Molecüle nicht rund sondern polyedrisch seien und so lag die Frage nahe, ob sie etwa als geradezu krystallinisch gelten dürfen. Ueber diese Frage konnte die Anwendung des polarisirten Lichtes Aufschluß geben, mit welcher sich bereits verschiedene Beobachter beschäftigt hatten. Schon 1847 hatte Erlach, 1849 Ehrenberg das Polarisationsmikroskop zur Charakteristik mikroskopischer Objecte benutzt, ohne jedoch daraus Folgerungen auf die Molecularstruktur abzuleiten; Schacht hatte später sogar die Beobachtungen mit dem Polarisationsmikroskop für eine hübsche Spielerei erklärt, die aber keinen wissenschaftlichen Werth habe. Darauf begegnen wir wieder einer ernsten sorgfältigen Untersuchung Mohl's auch auf diesem Gebiet (Bot. Zeitg. 1858), wo derselbe mit gewohnter Gründlichkeit und unter technischer Verbesserung des Apparates zu Folgerungen über die Natur und Substanz der Zellhäute, Stärkekörner u. s. w. gelangte, welche sofort den Beweis lieferten, daß in den Händen eines denkenden Beobachters das Polarisationsmikroskop nicht ein Spielzeug, sondern ein Mittel zu tief eindringender Forschung

sei, vorausgesetzt freilich, daß der Beobachter mit der Physik des polarisirten Lichtes vollkommen vertraut ist. Doch zeigte sich auch bei dieser Gelegenheit wieder die Eigenthümlichkeit Mohl's, welche ihn schon zwanzig Jahre früher gehindert hatte, seine gründlichen und ausgedehnten Untersuchungen über die Zellbildung zu einem theoretischen Abschluß zu bringen; er begnügte sich auch dießmal wieder, gründlich und richtig zu beobachten, das Beobachtete sorgfältig zu beschreiben und es mit den nächstliegenden physikalischen Ansichten so in Verbindung zu bringen, daß dadurch mehr eine Classifikation der Erscheinungen, als eine neue und tiefere Einsicht in das Wesen der Sache gewonnen wurde. Es fehlte ihm der schöpferische Gedanke, der Drang, die Ergebnisse seiner Untersuchungen bis in die letzten Elemente zu analysiren und sich aus diesem ein klares Bild der inneren Struktur der organisirten Theile zu bilden. Mohl blieb auch hier also bei der Induktion stehen, ohne bis zur deduktiven und construirenden Bearbeitung der vorliegenden Frage überzugehen; das Letztere that, wie wir sehen werden, Nägeli auch in diesem Fall.

Unterdessen erschien 1861 ein umfangreicheres Werk von Valentin über die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe im polarisirten Licht, wo der mit großer Literatur- und Sachkenntniß ausgerüstete Verfasser die Polarisationserscheinungen ausführlich untersuchte, die Instrumente und ihre Handhabung ausgezeichnet darstellte, überhaupt die Theorie und Technik derartiger Untersuchungen entwickelte. Er übersah jedoch betreffs der pflanzlichen Zellhäute eine bereits von Mohl erkannte Erscheinung, daß nämlich die vom polarisirten Licht senkrecht zu ihrer Fläche durchstrahlten Membranen Interferenzfarben zeigen, was ihn nothwendig zu einer unrichtigen Deutung ihrer inneren Struktur führen mußte.

Auch Nägeli widmete von 1859 ab den Polarisationserscheinungen langwierige theoretische und physikalische Studien, die im dritten Heft seiner botanischen Beiträge erst 1863 publicirt wurden; aber schon ein Jahr früher machte er die

Hauptergebnisse betreffs der Molecularstruktur der Zellhäute und Stärkekörner (Bot. Mitth. 1862) bekannt. Auch die Polarisationserscheinungen führten ihn wieder, und zwar auf einem ganz anderen Wege zu der Ansicht, daß die organisirten Theile der Pflanzenzelle aus isolirten Molecülen bestehen, zwischen denen sich Flüssigkeit befindet; die neueren Untersuchungen aber ergaben nun auch bestimmtere Vorstellungen von der Natur jener Molecüle, die nach dem optischen Verhalten der untersuchten Gebilde nicht bloß als polyedrisch, sondern als krystallinisch bezeichnet werden durften; die Substanzmolecüle der organisirten Pflanzentheile verhalten sich nach Nägeli wie optisch zweiaxige Krystalle, die also drei verschiedene Axen der Aetherdichtigkeit besitzen; in den Stärkekörnern und Zellhäuten sind diese krystallinischen Molecüle so angeordnet, daß jedesmal eine dieser Axen senkrecht zur Schichtung steht, während die beiden anderen in der Schichtungsebene liegen. Die Wirkung der organisirten Zellentheile auf polarisirtes Licht summirt sich aus den Wirkungen der einzelnen Molecüle, wogegen die zwischen ihnen liegende Flüssigkeit optisch inaktiv ist und nur insofern in Betracht kommt, als durch ihr Quantum die Molecüle mehr oder minder weit aus einander oder zusammenrücken.

Es würde die Aufgabe der historischen Darstellung überschreiten, wollte ich es hier versuchen die schon jetzt denkbaren Consequenzen zu entwickeln, welche sich aus Nägeli's Theorie für das Verständniß der Wachsthumsvorgänge, für die Mechanik des Wachsthums ableiten lassen; jedenfalls ist durch diese Ergebnisse ein Schema von der feinsten Struktur der Organismen aufgestellt, in welchem zugleich eine gewisse Uebereinstimmung des Organischen und des Unorganischen, aber auch der wesentliche Unterschied beider zu Tage tritt; an dieses Schema wird jede weitere Untersuchung anknüpfen müssen, welche wirklich und ernsthaft darauf ausgeht, die Erscheinungen des Lebens nach naturwissenschaftlichen Prinzipien zu erklären.

Drittes Buch.

Geschichte der Pflanzenphysiologie.

(1583 — 1860.)

Einleitung.

Was man im 16. und im Anfange des 17. Jahrhunderts von den Lebenserscheinungen der Pflanzen wußte, war nicht viel mehr als das, was ohnehin schon seit den ältesten Zeiten menschlicher Cultur durch Landwirthschaft, Gärtnerei und andere praktische Beschäftigung mit Pflanzen bekannt geworden war. Man wußte, daß die Wurzeln nicht nur zur Befestigung im Boden, sondern auch zur Nahrungsaufnahme dienen, daß gewisse Düngestoffe z. B. Asche, unter Umständen auch Salz, die Vegetation kräftigen; daß ferner die Knospen auswachsen und Sprosse bilden, der Erzeugung von Samen und Früchten die Blüthen vorausgehen müssen und mancherlei unbedeutendere physiologische Erscheinungen, welche die Gartenkunst zu Tage förderte, waren bekannt. Dagegen hatte man von der physiologischen Bedeutung der Blätter für die Ernährung gar keine, von der der Staubgefäße für die Erzeugung fruchtbarer Samen nur eine ganz dunkle Ahnung; daß die aus der Erde aufgenommenen Nahrungsstoffe innerhalb der Pflanze sich bewegen müssen, um auch die höher liegenden Theile zu ernähren, war eine nahe liegende Folgerung, die man auch zog und durch Vergleichung mit der Blutbewegung der Thiere zu verstehen suchte. Von der Bedeutung des Lichts und der Wärme für die Ernährung und das Wachsthum der Pflanzen berichten die Schriftsteller bis in die

25 *

letzten Jahrzehnte des 17. Jahrhunderts so gut wie Nichts, wenn auch unzweifelhaft schon seit den ältesten Zeiten die Wirkungen dieser Agentien bei der Pflanzenkultur und verschiedenen sonstigen Gelegenheiten bekannt geworden sein müssen.

So dürftig war der Vorrath von Kenntnissen, den die Begründer der Pflanzenphysiologie in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts vorfanden. Während die physiologische Bedeutung der verschiedenen Organe des menschlichen Körpers und der meisten Thiere wenigstens in ihren gröberen Zügen Jedermann bekannt war, mußte das Studium des vegetativen Lebens damit beginnen, mühsam zu entdecken, ob denn überhaupt die verschiedenen Theile der Pflanzen für die Erhaltung und Fortpflanzung des vegetativen Lebens nöthig sind, und welche Verrichtungen zum Vortheil des Ganzen man den einzelnen Theilen zuschreiben solle. Auch war es durchaus nicht leicht in dieser Beziehung nur einen ersten Schritt vorwärts zu thun; denn unmittelbar zu sehen, wie bei den Thieren, ist von den Verrichtungen der Pflanzentheile so gut wie Nichts und man braucht nur Cäsalpin und die Kräuterbücher des 16. Jahrhunderts zu lesen, um zu bemerken, wie rathlos man jedesmal der Frage nach der etwaigen physiologischen Bedeutung eines Pflanzenorgans gegenüberstand, wo es sich nicht gerade um die Wurzel als Ernährungsorgan und die Frucht und den Samen als den vermeintlich letzten Zweck des Pflanzenlebens handelte. Die physiologischen Verrichtungen der Pflanzenorgane fallen nicht in die Augen, sie müssen vielmehr aus gewissen Vorkommnissen erschlossen, oder aus dem Erfolg von Experimenten logisch abgeleitet werden. Dem Experiment aber muß die Aufstellung einer bestimmten Frage, gestützt auf eine Hypothese, vorausgehen; Fragen und Hypothesen aber können selbst wieder nur aus schon vorhandenen Kenntnissen entspringen. Einen ersten Anknüpfungspunct bot in dieser Beziehung die Vergleichung des pflanzlichen Lebens mit dem thierischen, welche schon Aristoteles, wenn auch mit geringem Glück, versucht hatte. Mit besseren botanischen und zoologischen Kenntnissen ausgerüstet hatte jedoch Cäsalpin bestimmtere Vorstellungen von der Be-

wegung der Nahrungssäfte in den Pflanzen zu gewinnen gesucht und nachdem im Anfang des 17. Jahrhunderts Harvey den Kreislauf des Blutes entdeckt hatte, tauchte auch bald der Gedanke auf, in den Pflanzen könne eine ähnliche Circulation des Saftes stattfinden. So war also eine erste Hypothese, eine bestimmte Frage gewonnen, welche man nun durch genauere Erwägung der gewöhnlichen Vegetationserscheinungen, besser aber durch Experimente zu entscheiden suchte. Führte nun auch eine fast hundert Jahre andauernde Polemik schließlich zu der Einsicht, daß ein der Blutcirkulation entsprechender Kreislauf des Saftes in den Pflanzen nicht stattfindet, so war dieses Resultat doch eben durch jene Hypothese gewonnen, welche aus der Vergleichung der Thiere und Pflanzen entsprang. Gewissermaßen als Nebenprodukt der in diesem Sinne geführten Untersuchungen ergab sich aber auch die wichtige Entdeckung, daß die Blätter eine entscheidende Rolle bei der Ernährung der Pflanzen spielen, eine Entdeckung, welche derjenigen der Kohlensäurezersetzung durch grüne Pflanzentheile um mehr als hundert Jahre vorausging. Um noch ein Beispiel hervorzuheben, konnte auch die Entdeckung der Sexualität bei den Pflanzen nur dadurch angebahnt werden, daß man gewisse Erscheinungen des vegetativen Lebens mit der Fortpflanzung der Thiere verglich; lange bevor Rudolph Jacob Camerarius seine entscheidenden Experimente (1691—1694) über die nothwendige Mitwirkung des Blüthenstaubes zur Erzeugung keimfähiger Samen anstellte, hegte man die, wenn auch höchst unbestimmte und durch allerlei Vorurtheile entstellte Vermuthung, daß bei den Pflanzen eine dem thierischen Geschlechtsverhälniß entsprechende Einrichtung bestehen möge. Das Interesse, welches die schon im 17. Jahrhundert bekannt gewordene Reizbarkeit der Mimosen und später ähnliche Bewegungserscheinungen an Pflanzen hervorriefen, entsprang ebenfalls wesentlich aus der hier so auffallend hervortretenden Aehnlichkeit zwischen Thier und Pflanze; und die ersten Untersuchungen darüber wurden selbstverständlich durch die Frage hervorgerufen, ob die Pflanzenbewegungen durch ähnliche Organisationsverhältnisse,

wie die der Thiere zu Stande kommen. In allen derartigen Fällen war es ganz gleichgültig, ob die vorausgesetzten Analogieen durch die fortgesetzten Untersuchungen endlich, wie bei der Sexualität, bestätigt, oder, wie bei der Saftcirculation, verneint wurden. Es handelte sich nicht um das Resultat, sondern darum, überhaupt nur Ausgangspuncte für die Untersuchung zu gewinnen. Zu diesem Zwecke genügte es, wenn, gestützt auf wirkliche oder nur scheinbare Analogieen zwischen Pflanzen und Thieren, den anscheinend ganz unthätigen Organen der Pflanze gewisse Functionen fragweise zugemuthet, gewissermaßen angedichtet wurden. Damit kam die wissenschaftliche Arbeit in Fluß, gleichgültig wie später das Resultat ausfallen würde. Ueberall wo es sich um Lebenserscheinungen handelt, ist eben unser eigenes Leben nicht nur der erste Ausgangspunct, sondern auch das Maaß des Begreifens; was das Lebendige im Gegensatz zum Leblosen sei, erkennen wir zuerst durch Vergleichung unseres eignen Wesens mit dem der verschiedenen Objecte. Von unseren Lebensregungen schließen wir auf diejenigen der höheren Thiere, welche wir aus dem Gebahren derselben ganz unmittelbar und instinktmäßig verstehen; von diesen ausgehend werden uns auch die der niederen Thiere verständlich und schließlich leiten uns weitere Analogieschlüsse bis hinüber zu den Pflanzen, deren Belebtheit uns eben nur auf diese Weise bekannt wird. Indem so die Pflanzen als lebendige Wesen schon im Alterthum den Thieren genähert wurden, bot sich von selbst dem weiteren Nachdenken die Annahme dar, daß man nun auch im Einzelnen die Lebenserscheinungen der Thiere bei den Pflanzen wiederfinden werde. Aus den botanischen Fragmenten des Aristoteles erfahren wir, daß auf diese Weise in der That die ersten Fragen der Pflanzenphysiologie entstanden sind; und wie schon erwähnt, nahmen dieselben bei Cäsalpin bereits eine bestimmtere Form an und die späteren Pflanzenphysiologen bedienten sich immer wieder ähnlicher Analogieschlüsse. Einen anderen Anfang konnte die Geschichte unserer Wissenschaft nicht nehmen, weil es psychologisch und historisch genommen, keinen anderen giebt. Wenn sich nun auch die vor-

ausgesetzten Analogieen zwischen Thieren und Pflanzen später oft als trügerisch erwiesen und vielfach Unfug mit ihnen getrieben wurde, so hat die fortgesetzte Untersuchung nach und nach andere viel wichtigere und wesentlichere Uebereinstimmungen beider Reiche zu Tage gefördert; immer deutlicher tritt namentlich in unserer Zeit hervor, daß die materiellen Grundlagen des vegetabilischen und animalischen Lebens in der Hauptsache identisch sind, daß die Vorgänge der Ernährung, Saftbewegung, geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Zeugung die überraschendsten Aehnlichkeiten in beiden Reichen darbieten.

Wenn die ersten Begründer der wissenschaftlichen Pflanzenphysiologie sich ganz und gar teleologischen Anschauungen hingaben, so war dieß nicht nur in den Zeitverhältnissen begründet, sondern auch für die ersten Fortschritte unserer Wissenschaft von großem Nutzen. Man brauchte im 17. und 18. Jahrhundert nicht Aristoteliker zu sein, um bei physiologischen Untersuchungen überall Zwecke und zweckmäßige Einrichtungen vorauszusetzen. Dieser Standpunct ist ohnehin überall und zu jeder Zeit der ursprüngliche und jeder Philosophie vorausgehende; vielmehr ist es Aufgabe der fortgeschrittenen Wissenschaft, diesen Standpunct zu verlassen, und schon im 17. Jahrhundert wurde von Seiten der Philosophen die Teleologie als ein unwissenschaftliches Verfahren erkannt. Allein die ersten Pflanzenphysiologen waren eben nicht Philosophen im engeren Sinne des Worts und wenn sie an ihre Untersuchung gingen, war die teleologische Auffassung der organischen Natur schon deßhalb außer Frage, weil es sich gewissermassen von selbst verstand, daß jedes Organ, absichtlich und genau so geschaffen worden sein müsse, daß es die zum Bestand des Ganzen nöthigen Functionen auszuführen im Stande ist. Diese Auffassung entsprach nicht nur den herrschenden Anschauungen, sondern sie hatte noch den Vorzug großer Bequemlichkeit, und bei den ersten Anfängen unserer Wissenschaft war es sogar ganz gut, wenn man voraussetzte, daß jeder Theil der Pflanze, auch der unscheinbarste, für die Erhaltung ihres Lebens ausdrücklich erdacht und geschaffen worden sei, denn darin lag

ein Antrieb, die Einrichtungen der Pflanzenorgane sorgfältig zu betrachten, worauf es doch zunächst allein ankam. So finden wir es auch in der That bei Malpighi, Grew, Hales und weiter unten werden wir sehen, wie selbst noch am Ende des vorigen Jahrhunderts Konrad Sprengel in strenger Durchführung seines teleologischen Standpunctes die glänzendsten Entdeckungen über die Beziehungen des Blüthenbaues zur Insektenwelt u. s. w. machte. Dem Fortschritt der Morphologie war die teleologische Auffassung von vornherein schädlich, obgleich die Geschichte der Systematik zeigt, wie schwer es den Botanikern wurde, sich von derartigen Ansichten zu trennen. Ganz anders verhielt es sich bei der Physiologie; hier erwies sich die Teleologie wenigstens als heuristisches Princip in hohem Grade nützlich, wenn es sich darum handelte die Funktionen der Organe zu entdecken, den Zusammenhang der Lebenserscheinungen zu verstehen. Etwas ganz anderes freilich war es, als es darauf ankam, die Ursachen derselben aufzusuchen, die Vegetationserscheinungen in ihrem causalen Zusammenhang aufzufassen. Da genügte die teleologische Auffassung nicht mehr, ja sie mußte als ein Hinderniß beseitigt werden, wenn sich auch immerhin die Schwierigkeit ergab, wie denn nun ohne den teleologischen Standpunct die zweckmäßigen Einrichtungen der Organismen zu verstehen sind. Es bedarf hier nur des Hinweises, daß diese Schwierigkeit durch die Selectionstheorie in befriedigender Weise gehoben wurde. Sie ist für die Physiologie in dieser Beziehung ganz ebenso wichtig geworden, wie die Descendenztheorie überhaupt für die Systematik und Morphologie. Wenn die Descendenztheorie die morphologische Behandlung der Organismen endlich von dem Einfluß der Scholastik befreite, so hat nicht weniger die Physiologie speciell durch die Selectionstheorie erst die Möglichkeit gewonnen, sich von teleologischen Deutungen ganz frei zu machen. Nur ein völliges Mißverstehen der Darwin'schen Lehre kann dieser den Vorwurf zuziehen, sie falle in die Teleologie zurück, während ihr größtes Verdienst darin besteht, die Teleologie auch da als überflüssig erscheinen zu lassen, wo sie den Naturforschern

früher trotz aller Gegengründe der Philosophie ganz unentbehrlich schien.

Wenn die Vergleichung der Pflanzen mit den Thieren und ebenso die teleologische Auffassung der Organismen den ersten Anfang pflanzenphysiologischer Forschung überhaupt ermöglichten, so waren dagegen andere Momente von entscheidender Bedeutung, als es sich später darum handelte, die wenigstens in ihren gröberen Zügen erkannten Functionen der Pflanzenorgane ursächlich zu begreifen und zu erklären. Vor Allem kam hier die Phytotomie in Betracht. In dem Grade wie die innere Struktur der Pflanzen näher bekannt, die verschiedenen Gewebeformen unterschieden wurden, gelang es auch, die bereits durch Experimente entdeckten Funktionen der Organe mit ihrer mikroskopischen Struktur in Zusammenhang zu bringen; die Phytotomie zerlegte die lebende Maschiene in ihre einzelnen Bestandtheile und konnte es nun der Physiologie überlassen, aus der Struktur und dem Inhalt der Gewebeformen zu erkennen, in wie weit dieselben geeignet sind, bestimmten Funktionen zu dienen. Dieß war selbstverständlich erst dann möglich, wenn die Vegetationserscheinungen vorher an der lebenden Pflanze selbst studirt worden waren. So konnte z. B. die mikroskopische Untersuchung der bei der Befruchtung stattfindenden Vorgänge erst dann zu weiteren Aufschlüssen führen, wenn vorher durch Experimente die Sexualität selbst, die Nothwendigkeit des Pollens zur Erzeugung keimfähiger Samen constatirt war; ebenso die anatomische Untersuchung des Holzes erst dann zur Erklärung der Art und Weise, wie das Wasser in ihm emporsteigt, Anhaltspuncte darbieten, wenn vorher experimentell festgestellt war, daß dieses überhaupt nur im Holzkörper geschieht u. s. w.

Zu ganz ähnlichen Erwägungen veranlaßt uns das Verhältniß der Physiologie zur Physik und Chemie, worüber hier schon deßhalb einige orientirende Bemerkungen vorausgeschickt werden sollen, weil man nicht selten, und gerade in neuester Zeit der Ansicht begegnet, die Pflanzenphysiologie sei wesentlich nichts Anderes als angewandte Physik und Chemie, als ob man

die Vegetationserscheinungen einfach aus physikalischen und chemischen Lehren ableiten könnte. Das wäre ja vielleicht möglich, wenn Physik und Chemie auf ihren Gebieten keine Frage mehr zu lösen hätten; thatsächlich aber sind beide von diesem Ziel noch ebensoweit entfernt, wie die Pflanzenphysiologie von dem ihrigen. Es ist ja gewiß, daß die heutige Pflanzenphysiologie ohne die heutige Physik und Chemie undenkbar wäre, daß ebenso die erstere auch früher auf den jeweiligen Stand der Physik und Chemie sich stützen mußte, wenn es darauf ankam, schon constatirte Vegetationserscheinungen als Wirkungen bekannter Ursachen aufzufassen. Ebenso gewiß aber ist, daß alle Fortschritte, welche Physik und Chemie bisher gemacht haben, für sich allein keine Pflanzenphysiologie hervorgebracht haben würden, auch nicht in Verbindung mit der Phytotomie; die Geschichte zeigt, daß man im 17. und 18. Jahrhundert schon eine Reihe von Lebenserscheinungen der Pflanzen kennen gelernt hatte, zu einer Zeit, wo die Physik und Chemie selbst noch wenig zu bieten hatten und gänzlich außer Stande waren, den Physiologen irgend welche Erklärungsgründe darzubieten. Die wahre Grundlage aller Physiologie ist eben die unmittelbare Beobachtung der Lebenserscheinungen selbst, welche durch Experimente hervorgerufen oder verändert, erst in ihrem Zusammenhang studirt werden müssen, bevor man daran denken kann, sie auf physikalische und chemische Ursachen zurückzuführen. Es ist daher wohl möglich, daß die Pflanzenphysiologie einen gewissen Grad von Ausbildung erreicht, auch ohne physikalische und chemische Erklärung der Vegetationserscheinungen, ja sogar trotz irrthümlicher Theorieen auf diesen Gebieten. Was Malpighi, Hales, zum Theil Du Hamel leisteten, war doch gewiß Pflanzenphysiologie und zwar bessere, als manche Neuere glauben; was sie aber wußten, hatten sie aus Beobachtungen an der lebenden Pflanze, und keineswegs aus den chemischen und physikalischen Theorieen ihrer Zeit abgeleitet. Selbst die Feststellung der wichtigen Thatsache, daß die grünen Blätter allein im Stande sind, solche Nahrungsstoffe zu bilden, welche geeignet sind, das Wachsthum und die Bildung

neuer Organe zu bewirken, wurde mehr als hundert Jahre früher entdeckt, als die Kohlensäurezersetzung durch grüne Pflanzentheile, zu einer Zeit, wo die Chemie von Kohlensäure und Sauerstoff noch Nichts wußte. Es läßt sich sogar eine Reihe von physiologischen Entdeckungen anführen, welche in scharfen Gegensatz zu chemischen und physikalischen Theorieen traten und selbst zur Berichtigung derselben beitrugen. So z. B. die Feststellung der Thatsache, daß die Wurzeln Wasser und Nahrungsstoffe aufnehmen, ohne dafür Etwas an die Umgebung abzutreten, was nach der früheren physikalischen Theorie vom endosmotischen Aequivalent durchaus unbegreiflich schien; daß ferner die sogenannten chemischen Strahlen der Physiker gerade bei der Assimilation der Pflanzen von ganz untergeordneter Bedeutung sind, während die gelben und benachbarten Theile des Spectrums im strengsten Gegensatz zu den herrschenden Ansichten der Physiker und Chemiker die Zersetzung der Kohlensäure lebhaft bewirken. Und aus welchen Lehrsätzen der Physik hätte irgend Jemand folgern können, daß das Wachsthum der Wurzeln abwärts, der Stämme aufwärts, von der Schwerkraft bewirkt werde, was Knight 1806 durch Experimente mit lebenden Pflanzen bewies; oder konnte die Optik voraussehen, daß das Wachsthum der Pflanzen durch das Licht verlangsamt wird und daß wachsende Theile unter seinen Einfluß sich krümmen. Ueberhaupt das Beste, was wir vom Leben der Pflanze wissen, ist durch directe Beobachtung derselben gewonnen, aber nicht aus chemischen und physikalischen Theorieen deducirt worden. Nach diesen Vorbemerkungen mögen nun die wichtigeren Fortschritte der Pflanzenphysiologie in raschem Ueberblick vorgeführt werden.

1) Daß die ersten Anfänge der Pflanzenphysiologie ungefähr in denselben Zeitraum fallen, wo auch die Chemie und Physik anfingen, sich als ächte Naturwissenschaften zu etabliren, beweist keineswegs, daß diese es waren, welche die Pflanzenphysiologie hervorgerufen haben. Sie verdankte vielmehr ihre Entstehung ebenso wie die Physiologie, die Mineralogie, die Astronomie, Geographie u. s. w. dem Auftreten des neuen Forschungstriebes

im 16. und 17. Jahrhundert, welcher, indem er die Leerheit der Scholastik empfand, nach allen Richtungen hin darauf ausging, durch Beobachtung werthvolle Kenntnisse zu sammeln. Bekanntlich war es die zweite Hälfte des 17. Jahrhunderts, wo in diesem Sinne und im Gegensatz zur Scholastik in Italien, England, Deutschland, Frankreich naturwissenschaftliche Gesellschaften oder Akademieen gegründet wurden; in ihren Verhandlungen spielen die ersten pflanzenphysiologischen Schriften eine ganz hervorragende Rolle: von Unbedeutenderem abgesehen, war es die londoner Royal society, welche die epochemachenden Werke von Malpighi und Grew in den siebziger und achtziger Jahren des 17. Jahrhunderts herausgab; ebenso erschienen die für die Sexualitätslehre epochemachenden ersten Mittheilungen des Camerarius in den Ephemeriden der deutschen Academia naturae curiosorum und auch die französische Akademie ließ es sich um diese Zeit angelegen sein, unter Dodart's Leitung pflanzenphysiologische Untersuchungen förmlich zu organisiren, wenn auch freilich das Resultat dem Streben nicht entsprach. In diesen Zeitraum, wo es auf allen Gebieten der Wissenschaft sich regte, wo die großen Entdeckungen mit wunderbarer Eile einander folgten, fallen auch die ersten bedeutenden Anfänge unserer Wissenschaft: die ersten Untersuchungen über den sogenannten auf- und absteigenden Saft, zumal in England, Malpighi's Theorie, welche die Blätter als Ernährungsorgane in Anspruch nimmt, Ray's erste Mittheilungen über die Einwirkung des Lichtes auf die Färbung der Pflanzen, vor Allem aber des Camerarius' Experimente, durch welche die befruchtende Kraft des Pollens erwiesen wurde. Es war die Zeit der ersten Entdeckungen: die Erklärungsversuche waren allerdings noch schwach; die eben erst begründete Phytotomie wurde jedoch sofort auch für die Physiologie fruchtbar, während Physik und Chemie noch wenig zu bieten hatten. Dagegen trug die im Zeitalter Newton's herrschende Vorliebe für Mechanik und mechanische Erklärung organischer Vorgänge auch auf dem Gebiet der Pflanzenphysiologie eine schöne Frucht in Hales'

Untersuchungen über die Saftbewegung der Pflanzen; seine Statical essays 1727 schließen sich den vorhin genannten grundlegenden Werken an und zugleich erreicht mit dieser bedeutenden Leistung die erste Periode unserer Wissenschaft einen scharf markirten Abschluß.

Auf diese Zeit schwunghaften Fortschrittes folgten jedoch einige Decennien, in welchen nichts Erhebliches geleistet, entdeckt und gedacht wurde, wo vielmehr unfruchtbare Zweifel an dem bereits Bewiesenen sich regten, ohne daß dieselben jedoch zu einer tieferen Fassung der Fragen oder zu neuen experimentellen Entscheidungen führten.

2) Um 1760 jedoch beginnt es auf den verschiedensten Gebieten der Pflanzenphysiologie wieder sich zu regen. Nachdem durch Du Hamel's Physique des arbres 1758 nicht nur alles Frühere übersichtlich zusammengefaßt und durch zahlreiche neue Beobachtungen bereichert worden war, begann nunmehr abermals eine Reihe der wichtigsten Entdeckungen bis zum Anfang unseres Jahrhunderts. Die Lehre von der sexuellen Fortpflanzung, seit Camerarius kaum gefördert und durch die Evolutionstheorie verunstaltet, fand in Koelreuter einen Beobachter ersten Ranges, der im Anfang der sechziger Jahre einen tieferen Blick in das Wesen der Sexualität eröffnete, indem er die ersten Bastarde künstlich erzeugte, auch die Bestäubungseinrichtungen der Blüthe zuerst sorgfältig studirte und die merkwürdigen Beziehungen derselben zur Biologie der Insecten hervorhob. Viel ausführlicher wurden diese Beziehungen später von Conrad Sprengel untersucht (1793), der dabei zu so überraschenden und weitaussehenden Resultaten gelangte, daß dieselben von seinen Zeitgenossen und lange nachher nicht einmal verstanden wurden, bis sie erst in neuester Zeit wieder im Interesse der Descendenztheorie ihre verdiente Würdigung fanden.

Nicht minder groß waren die Fortschritte auf dem Gebiet der Ernährungslehre: in den achtziger Jahren bewies Ingen Houß, daß die grünen Pflanzentheile unter dem Einfluß des Lichts Kohlensäure aufnehmen, den Sauerstoff abscheiden und so

den Kohlenstoff gewinnen, den die Pflanzen in Form organischer Verbindung in sich anhäufen; daß aber auch alle Pflanzentheile zu jeder Zeit kleinere Quantitäten von Sauerstoff aufnehmen, Kohlensäure aushauchen und so einen Athmungsproceß vollbringen, der dem thierischen durchaus entspricht. Ihm folgte bald Theodore de Saussure mit viel gründlicheren Untersuchungen derselben Vorgänge und mit dem Nachweis, daß die Aschenbestandtheile des Pflanzenkörpers nicht zufällige oder bedeutungslose Beimengungen ihrer Nahrung sind, wie man bis dahin vielfach geglaubt hatte (1804). Auch die Einwirkung der allgemeinen physischen Kräfte auf die Vegetation wurde in einigen Hauptpuncten constatirt, wenn auch noch nicht eingehend untersucht. So zeigte Senebier in den achtziger Jahren, welch' großen Einfluß das Licht auf das Wachsthum und die grüne Färbung der Pflanzen ausübt, und später erkannte De Candolle die Einwirkung desselben auf die periodisch beweglichen Blätter und Blüthen. Noch viel bedeutungsvoller war Knight's 1806 gemachte Entdeckung, daß der aufrechte Wuchs der Stämme ebenso wie der abwärts gerichtete der Hauptwurzeln durch die Schwerkraft bestimmt wird.

3) Auch auf diese zweite Periode wichtiger Entdeckungen folgte wieder ein Rückschlag; auch dießmal wieder regten sich Zweifel an der Richtigkeit gerade der am besten constatirten Thatsachen; es waren vorgefaßte Meinungen, denen zu Liebe man wohl constatirte Thatsachen zu entkräften oder zu ignoriren suchte, um an ihre Stelle scheinbar philosophische Theorieen zu setzen; die sogenannte Naturphilosophie, die auch der Morphologie sich lange als großes Hinderniß entgegenstellte, verfehlte nicht, der Pflanzenphysiologie in gleicher Weise zu schadeu; namentlich war es die Lehre von der Lebenskraft, welche jedem Versuch, die Lebenserscheinungen in ihre elementaren Vorgänge aufzulösen, sie als eine Kette von Ursachen und Wirkungen zu erkennen, hindernd in den Weg trat. Man ließ sogar die Aschenbestandtheile der Pflanzen, ja selbst den Kohlenstoff derselben durch die Lebenskraft in den Pflanzen selbst entstehen, verschwommene Vor=

stellungen, die man mit dem Worte Polarität verband, mußten die Richtung des Wachsthums und vieles Andere erklären. Nicht minder richtete sich der jede gesunde Logik vernichtende Einfluß der Naturphilosophie gegen die bisher gewonnenen Resultate der Sexualtheorie; abermals wurde selbst nach den Untersuchungen Koelreuters die Sexualität der Pflanzen geradezu geleugnet. Das dauerte so bis in die zwanziger Jahre hinein, dann aber begann es sich abermals zu bessern. L. C. Treviranus wies die Verirrungen von Schelwer und Henschel durch sorgfältige Kritik 1822 zurück, in England lieferte Herbert 1837 neue sehr werthvolle Untersuchungen über die Hybridation und schon in dieser Periode machte Carl Friedrich Gärtner seine mehr als zwanzig Jahre fortgesetzten Studien und Experimente über die normale Befruchtung und Bastardbildung, welche allerdings erst 1844 und 1849 in umfangreichen Werken publicirt wurden und die wichtigeren Fragen auf dem Gebiet der Sexualtheorie gerade um die Zeit zu einem gewissen Abschluß auf dem Wege des Experiments führten, wo auch die mikroskopische Embryologie der Phanerogamen durch Hofmeister zuerst ein festes Fundament erhielt.

Auch andere Theile der Pflanzenphysiologie erfuhren manche bedeutende Förderung, schon lange vor 1840: Theodore de Saussure beobachtete 1822 die Selbsterwärmung der Blüthen und die Abhängigkeit derselben von der Athmung; zehn Jahre später constatirte Göppert die Selbsterwärmung keimender und vegetirender Pflanzen. In den verschiedensten Richtungen anregend wirkte in den zwanziger und dreißiger Jahren Dutrochet, namentlich aber war es die von ihm zuerst versuchte Anwendung der diosmotischen Erscheinungen zur Erklärung der Saftbewegung in den Pflanzen, welche nachhaltig auf die ferneren Fortschritte der Pflanzenphysiologie einwirkte. Weniger erfolgreich waren die chemischen Untersuchungen, durch welche jedoch ein namhaftes Material von Einzelkenntnissen sich anhäufte, die später theoretisch verwerthet werden konnten.

Den Schluß dieser mit unfruchtbaren Zweifeln beginnenden

Periode, in der aber Vieles sich vorbereitete, was nach 1840 weiter ausgebaut wurde, bildeten einige wichtige Sammelwerke, in denen alles bisher in der Pflanzenphysiologie Geleistete im Zusammenhang dargestellt wurde; außer Dutrochet's gesammelten Schriften (1837) erschienen drei umfassende Compendien der Pflanzenphysiologie, eines von De Candolle, welches von Röper in's Deutsche übersetzt, vielfach verbessert und bereichert 1833 und 1835 herauskam; ihm folgte zunächst die Physiologie der Gewächse von L. C. Treviranus 1835 — 1838, und Meyen's neues System der Pflanzenphysiologie schloß sich 1837 bis 1839 an. In diesen Werken tritt das Charakteristische dieser Periode zumal darin deutlich hervor, daß die Physiologie bis dahin noch keine kräftige Stütze an der Phytotomie findet, während gleichzeitig die alten Ansichten von der Lebenskraft genaueren physikalisch chemischen Erklärungen der Vegetationsvorgänge sich entgegenstellen.

4) Es wurde früher gezeigt, welch überraschenden Aufschwung die Morphologie und Phytotomie, die Embryologie und die Zellenlehre mit dem Beginn der vierziger Jahre nahm, und wie dies vorwiegend darin seine nächste Begründung fand, daß man nunmehr auch die letzten Nachwehen der Naturphilosophie und namentlich auch die Lebenskraft beseitigte, statt naturphilosophischer Speculationen, strenge Beobachtung und methodisch durchgeführte Induktion verlangte und wie in dieser Beziehung Schleiden's Grundzüge im Beginn der vierziger Jahre die Forderungen der neueren Zeit energisch vertraten, ohne jedoch in gleichem Maße durch positive Ergebnisse zu befriedigen. Für die Pflanzenphysiologie erwies sich vor Allem die rasche Förderung günstig, welche zunächst die Phytotomie und Zellenlehre durch Mohl und Nägeli erfuhr; durch sie wurde es nunmehr möglich, auch die Befruchtungsvorgänge im Inneren der Samenknospen zu verfolgen. Schon lange vor 1840 hatte man die Entstehung der Pollenschläuche aus den Pollenkörnern beobachtet und Schleiden hatte 1837 die Theorie aufgestellt, daß der Embryo der Phanerogamen im Ende des Pollenschlauches selbst

durch freie Zellbildung entstehe, nachdem dasselbe bis in den Embryosack hineingewachsen sei. Aber schon 1846 zeigte Amici und 1849 Hofmeister das Irrthümliche dieser Auffassung, indem sie nachwiesen, daß die Keimanlage innerhalb des Embryosackes bereits vor der Ankunft des Pollenschlauches vorhanden ist, durch dessen Eintreffen aber erst zu weiterer Entwicklung, zur Bildung des Embryos angeregt wird. Ebenso ließen Hofmeisters weitere Beobachtungen über die Embryologie der Gefäßkryptogamen und Moose keinen Zweifel, daß die zum Theil bereits von Unger und Nägeli entdeckten Spermatozoiden dieser Pflanzengruppen dazu dienen, eine in dem weiblichen Organ vorgebildete Keimanlage, die Eizelle zu befruchten und zu weiterer Entwicklung anzuregen (1849, 1851). Bald darauf wurde auch der Sexualakt bei verschiedenen Algen aufgefunden und hier war es, wo die beste Gelegenheit sich bot, auf mikroskopischem Wege die von den experimentellen Ergebnissen noch offen gelassenen Fragen ihrer Lösung entgegenzuführen. Thuret zeigte 1854, wie die großen Eizellen der Fucusarten von Spermatozoiden umschwärmt und befruchtet werden, es gelang ihm sogar Bastardirungen durch Vermischung der Spermatozoiden einer Art mit den Eiern einer anderen herbeizuführen; doch blieb auch hier die Frage noch offen, ob eine bloße Berührung der männlichen und weiblichen Organe genüge, oder ob die Befruchtung durch die Verschmelzung der Substanz des Spermatozoids und der Eizelle stattfindet; diese Frage wurde 1855 von Pringsheim entschieden, indem er bei einer Süßwasseralge die männlichen Befruchtungskörper in die Substanz der Eizelle eindringen und in derselben sich auflösen sah, ein Vorgang, der später auch bei höheren Kryptogamen beobachtet wurde und in seiner einfachsten Form in dem Sexualakt der Conjugaten sich darstellt, den De Bary 1858 ausführlich beschrieb und, wie Vaucher bereits gethan hatte, als einen sexuellen Vorgang auffaßte.

Wenn man bedenkt, wie sehr durch die schwierigen und zeitraubenden Beobachtungen über die feinere Anatomie der Pflanzen, über die Zellbildung, die Embryologie und Entwicklungsgeschichte der Organe die Zeit und Arbeitskraft gerade der hervorragend-

sten Botaniker nach 1840 in Anspruch genommen wurde, so kann es nicht Wunder nehmen, daß die übrigen Theile der Pflanzenphysiologie, welche Experimente und Vegetationsversuche erfordern, nur wenig und nebenbei kultivirt wurden; doch gewann auch diese Richtung eine festere Grundlage durch die Fortschritte der Phytotomie, welche dem Physiologen nunmehr ein bestimmteres Bild des Apparates vorführten, an welchem sich die vegetativen Lebenserscheinungen vollziehen.

Von den eigentlich physiologischen Disziplinen war es neben der Sexualtheorie nur noch die Lehre von dem Chemismus der Pflanzenernährung, welche in dem Zeitraum von 1840—1860 continuirlich und mit namhaften Erfolg kultivirt wurde; dieß geschah aber nicht oder nur ganz nebenbei von den Botanikern, sondern vorwiegend von Chemikern, welche an die Resultate Saussure's anknüpfend die Ernährungsvorgänge untersuchten. Namentlich waren es die Fragen nach der Unentbehrlichkeit aller oder gewisser Aschenbestandtheile für die Ernährung, die Herkunft derselben und die daran sich knüpfenden Erwägungen über die Erschöpfung des Ackerlandes durch die Pflanzenkultur und die entsprechende Abhülfe durch geeignete Düngung, welche die Agrikulturchemiker bis gegen 1860 hin bearbeiteten. In Frankreich hatte schon vor 1840 Boussingault experimentelle und analytische Untersuchungen in dieser Richtung unternommen und auch im Lauf der folgenden zwanzig Jahre war er es, der die physiologisch werthvollsten Thatsachen zu Tage förderte, unter denen als eine der wichtigsten die zu nennen ist, daß die Pflanzen den freien atmosphärischen Stickstoff zu ihrer Ernährung nicht benützen, daß sie dazu vielmehr Stickstoffverbindungen aufnehmen müssen. In Deutschland gewann die Bearbeitung derartiger Fragen ein erhöhtes Interesse dadurch, daß Justus Liebig aus dem bis 1840 Bekannten das principiell Wichtige von dem Nebensächlichen und Unbedeutenden scharf absonderte und auf die große praktische Wichtigkeit der Theorie der Pflanzenernährung für die Land- und Forstwirthschaft hinwies; bald wurden daher auch beträchtliche öffentliche Mittel für derartige Untersuchungen

zur Verfügung gestellt, die jedoch ebendeßhalb, weil sie in den Dienst praktischer Interessen traten und dabei den inneren Zusammenhang aller Vegetationserscheinungen vielfach außer Acht ließen, nicht selten auf Abwege geriethen. Indeß wurde doch ein großes Material von Thatsachen angehäuft, welches bei sorgfältiger Sichtung späterhin auch rein wissenschaftlichen Interessen dienen konnte. Einzelne der hervorragendsten Agrikulturchemiker erwarben sich übrigens das Verdienst, neben den praktischen Gesichtspuncten auch die rein wissenschaftlichen zur Geltung zu bringen und in umfangreichen Werken die gesammte Ernährungslehre der Pflanzen, soweit es sich ohne tieferes Eingehen auf die Organisation derselben thun ließ, vorzutragen; so namentlich Boussingault und bei uns Emil Wolff und Franz Schulze. Aber auch jetzt noch blieben diejenigen Fragen der Ernährung unentschieden, welche die chemischen Vorgänge im Innern der Pflanze selbst betreffen, die Vorgänge der Assimilation und des Stoffwechsels, obwohl auch in dieser Beziehung manche werthvolle Vorarbeiten stattfanden.

Im Vergleich mit den bedeutenden Fortschritten der Sexualtheorie und der Ernährungslehre wurde in den übrigen Theilen der Pflanzenphysiologie nur wenig und dies Wenige nur unzusammenhängend und bruchstückweise zu Tage gefördert; verschiedene Beobachter constatirten den Zusammenhang der vegetabilischen Eigenwärme mit der Sauerstoffathmung; es wurden einzelne neue Thatsachen bezüglich der Abwärtskrümmung der Wurzeln bekannt, Brücke lieferte 1848 eine ausgezeichnete Untersuchung über die Reizbewegungen der Mimosenblätter und Hofmeister zeigte 1857, daß das sogenannte Bluten der Weinrebe und einiger Bäume, bei denen man diese Erscheinung bisher allein kannte, bei allen Holzpflanzen, und nicht bloß im Frühjahr, sondern zu jeder Zeit stattfindet, wenn die geeigneten Bedingungen hergestellt werden. Alle diese und zahlreiche andere vereinzelte Wahrnehmungen waren für die Zukunft sehr werthvoll, wurden aber einstweilen noch nicht zur Ausbildung umfassender Theorieen benutzt, da sich Niemand derartigen Fragen ausschließlich und mit der-

jenigen Ausdauer widmete, welche allein auf diesen schwierigen Gebieten zu sicheren Resultaten und zu einer tieferen Einsicht in den inneren Zusammenhang der Erscheinungen führen kann. Ueberraschend gering war der Zuwachs an Kenntnissen betreffs der Saftbewegung in den Pflanzen und noch geringer das, was man über die äußeren Bedingungen der Wachsthumsvorgänge und die damit verbundenen Bewegungen zu Tage förderte. Die für die Pflanzenphysiologie so höchst wichtige Abhängigkeit der Vegetationserscheinungen von der Temperatur, wurden zwar nicht ganz vernachlässigt; man gerieth aber auf einen Abweg, indem man sich die Sache leicht machte und die gesammte Vegetationszeit einer Pflanze mit der mittleren Tagestemperatur während derselben multiplicirte, um in diesem Produkt einen Ausdruck für das gesammte Wärmebedürfniß einer gegebenen Pflanze zu finden; ein Mißgriff, durch welchen namentlich die Pflanzengeographie irre geführt wurde.

Was sich von werthvolleren Kenntnissen bis 1851 angesammelt hatte, stellte Mohl in seiner oft erwähnten Schrift über die vegetabilische Zelle ebenso übersichtlich, wie kurz und präcis zusammen, nicht ohne die bestehenden Ansichten kritisch zu beleuchten; ausführlicher, doch weniger kritisch gesichtet, wurde die gesammte Pflanzenphysiologie in dem ebenfalls schon erwähnten Lehrbuch Ungers von 1855 dargestellt und diese beiden Bücher waren es vorwiegend, welche bis in die sechziger Jahre hinein zur Verbreitung der Pflanzenphysiologie beitrugen und diese Aufgabe ehrenvoll lösten; was dagegen in Schacht's Büchern seit 1852 unter dem Namen Pflanzenphysiologie behandelt wurde, beruhte auf so mangelhafter Einsicht, daß dadurch dem Ansehen unserer Wissenschaft eher geschadet, als genützt wurde.

Indem ich nun nach dieser vorläufigen Uebersicht zu einer ausführlicheren Darstellung übergehe, finde ich mich veranlaßt die Geschichte der Sexualtheorie von der der übrigen Pflanzen-

physiologie abgesondert vorzutragen. Zu diesem Verfahren fordert der Umstand heraus, daß in der That die Begründung und weitere Verfolgung der Sexualtheorie in ihren entscheidenden Momenten sich ganz unabhängig von den übrigen physiologischen Disziplinen entwickelt hat, so daß die geschichtliche Continuität unterbrochen, die Darstellung unklar werden müßte, wenn man die Entwicklung der Sexualtheorie an die der übrigen physiologischen Disciplinen chronologisch anschließen wollte. Ebenso hat sich auch die Lehre von der Ernährung und Saftbewegung der Pflanzen unabhängig von anderen physiologischen Disciplinen continuirlich weiter entwickelt und wird es sich deßhalb empfehlen auch ihr ein besonderes Capitel zu widmen.

Was in früherer Zeit über die Bewegungen der Pflanzentheile und die Mechanik des Wachsthums gedacht worden ist, soll in einem dritten Capitel kurz zusammengestellt werden.

Erstes Capitel.

Geschichte der Sexualtheorie.

1.

Von Aristoteles bis auf R. J. Camerarius.

Zu einer richtigen Würdigung dessen, was am Ende des 17. Jahrhunderts durch Rudolph Jakob Camerarius und später durch seine Nachfolger über die Geschlechtsverhältnisse der Pflanzen entdeckt worden ist, wird es beitragen, wenn wir uns darüber unterrichten, was man seit Aristoteles in dieser Beziehung zu Tage gefördert hatte; wir werden dabei zugleich erfahren, wie äußerst unfruchtbar die auf oberflächliche Beobachtung gestützte ältere Philosophie auf einem Gebiet sich erwies, wo nur die inductive Forschung zu Resultaten führen konnte.

Daß Aristoteles [1]) wie viele Spätere die sexuelle Befruchtung zu den Ernährungsvorgängen rechnete und auf diese Weise gerade das specifisch Eigenthümliche der letzteren verkannte, ersieht man deutlich genug aus seiner Aeußerung: dieselbe Kraft der Seele sei die ernährende und die erzeugende. Zu dieser auf ungenauer Erwägung beruhenden Subsumption gesellte sich bei Aristoteles noch außerdem ein auf sehr mangelhafter Erfahrung beruhender Irrthum, insofern er die Sexualität der Organismen in eine causale Beziehung zu ihrer Ortsbewegung setzte. „Bei allen Thieren, heißt es in seinen botanischen Fragmenten, welche Ortsbewegung haben, ist das Weibliche vom Männlichen getrennt, und ein Thier weiblich, das andere männlich, beide jedoch

---

[1]) Vergl. Ernst Meyer's Gesch. d. Bot. Bd. 1 pag. 98 ff.

gleicher Art, wie beiderlei Menschen. Bei den Pflanzen dagegen sind diese Kräfte vermischt und das Männliche vom Weiblichen nicht unterschieden, daher sie auch aus sich selbst zeugen und keinen Befruchtungsstoff ausstoßen", worauf es weiterhin heißt: „Bei den nicht schreitenden Thieren, wie bei den Schalthieren und denen, welche angewachsen leben, indem sie ein den Pflanzen ähnliches Leben haben, fehlt, wie bei diesen, das Weiblich-Männliche. Gleichwohl werden sie nach der Aehnlichkeit und Analogie männlich und weiblich genannt; denn einen gewissen geringen Unterschied haben sie allerdings. Auch unter den Bäumen tragen einige Frucht, andere keine Frucht; unterstützen aber die fruchtbaren bei dem Garmachen der Früchte, wie dieß der Fall ist bei der Feige und dem Caprificus (der wilden Feige)."

Im Vergleich mit diesen Ansichten des Aristoteles erscheinen die seines Schülers Theophastros [1]) schon einigermaßen geklärt und auf eine etwas reichhaltigere Erfahrung gestützt. Aber freilich ist auch bei ihm von eigener Beobachtung im Interesse der Frage Nichts zu merken; denn bei Gelegenheit der Angabe, daß unter den Blüthen des medischen Apfels (mali Medicae) einige fruchtbar, andere nicht fruchtbar seien, sagt er, es sei nöthig nachzusehen, ob etwas Aehnliches auch bei anderen Pflanzen stattfinde, was er selbst in seinem Garten leicht hätte thun können. Uebrigens kommt es ihm mehr darauf an, das ihm Bekannte logisch zu ordnen, als die Frage zu beantworten, ob bei den Pflanzen ein Geschlechtsverhältniß existire. Daß von den Pflanzen gleicher Gattung, sagt er, einige blühen, andere aber sich keiner Blüthe erfreuen, das werde versichert; so solle die männliche Palme blühen, die weibliche nicht, dafür aber Früchte bringen. [2])

[1]) Ich benutze hier Gottlob Schneider's: Theophrasti Eresii, quae supersunt opera, Leipzig 1818. Man vergl. daselbst außer dem oben Gesagten die Sätze: De causis l. I. c. 13, 4, l. IV. c. 4 und Historia plantarum l. II. c. 8.

[2]) Es ist hier zu beachten, daß nicht nur von Theophrast, sondern auch von den Botanikern des 16. und 17. Jahrhunderts, wie bereits in der Geschichte der Systematik gezeigt wurde, die Fruchtanlage überhaupt nicht

Das, so schließt er diesen Satz, sind die Differenzen der Pflanzen und derer, welche keine Frucht zu Stande bringen: woraus sattsam einleuchte, wie groß die Verschiedenheit der Blüthe sei. Im dritten Buch De causis (c 15,3) heißt es: die Terebinthe sei theils männlich, theils weiblich, jene sei steril und werde ebendeßhalb männlich genannt. Daß Theophrast in diesen Dingen sich ganz auf die Erzählung anderer verließ, zeigt eine Stelle in demselben Buch (c. 18,1), wo es heißt: Was man sich erzählt, daß die Frucht der weiblichen Dattelpalme nicht ausdauere, wenn man nicht die Blüthe der männlichen mit ihrem Staub über ihr ausschüttelt, ist in der That sonderbar, doch ähnlich der Caprification der Feige, woraus man fast schließen könnte, daß die weibliche zur Vollendung des Fötus sich selbst nicht genüge; allein dieß müßte nicht bei einer Gattung oder zweien, sondern entweder bei allen oder vielen stattfinden. Man sieht an dieser Stelle recht deutlich, wie vornehm der griechische Philosoph diese wichtige Frage abthut, ohne sich im Entferntesten zu einer eigenen Beobachtung herabzulassen.

Es scheint, daß bis auf Plinius' Zeiten, wenn auch nicht bei den Schriftstellern, so doch bei Personen, die sich selbst mit der Natur beschäftigten, die Annahme einer sexuellen Differenz der Pflanzen sich mehr ausgebildet und befestigt habe; denn Plinius sagt in seiner Historia mundi, wo er das Verhältniß der männlichen und weiblichen Dattelpalme beschreibt und namentlich den Blüthenstaub als das Befruchtungsmittel bezeichnet, die Naturkundigen erzählen, alle Bäume und selbst Kräuter besäßen beiderlei Geschlecht.[1])

Wenn dieses Thema der Naturgeschichte den Philosophen nur wenig Stoff zum Nachdenken bot, so ermangelte es desto weniger, die Phantasie der Dichter anzuregen. De Candolle

zur Blüthe gerechnet wird, was Meyer Geschichte I. p. 164 übersehen zu haben scheint.

[1]) Die ganze betreffende Stelle ist in De Candolle's Pflanzenphysiologie 1835 II. p. 44 wörtlich citirt und betreffs des Pollens heißt es daselbst: Ipso et pulvere etiam foeminas maritare.

citirt ausführlich die darauf bezüglichen Verse des Ovid, des Claudian und mit selbstverständlicher Uebergehung des gesammten Mittelalters die lebhafte poetische Schilderung des Jovianus Pontanus vom Jahr 1505, welche sich auf zwei Dattelpalmen verschiedenen Geschlechts in Brindisi und Otranto bezieht. Für die Naturwissenschaft war damit freilich Nichts gewonnen.

Wie es um die Kenntniß der Sexualität bei den deutschen und niederländischen Botanikern des 16. Jahrhunderts stand, hat bereits Treviranus (Phys. d. Gew. 1838 II p. 371) treffend ausgesprochen: „Was man als männliches Geschlecht bei den Pflanzen bezeichnete, z. B. Abrotanum, Asphodelus, Filix, Polygonum Mas et Femina, gründete sich nur auf eine Verschiedenheit des Habitus, ohne daß man die wesentlich dazu erforderlichen Theile berücksichtigte. Es ist jedoch zu bemerken, daß die minder gelehrteren unter den älteren Botanikern z. B. Fuchs, Mattioli, Tabernaemontan sich dieser Bezeichnungsart der Pflanzen häufiger bedienen; die gelehrten aber z. B. Konrad Gesner, Clusius, J. Bauhin seltener und nur, um eine bereits bekannte Pflanze anzudeuten. Clusius merkt zwar in der Beschreibung von ihm aufgefundener Gewächse häufig die Form und Farbe, auch wohl die Zahl der Staubfäden an — — — auch nennt er von Carica Papaya das Individuum mit Staubfadenblüthen das männliche, das mit Fruchtblüthen das weibliche, indem er sie, obwohl der nämlichen Gattung, doch einem verschiedenen Geschlechte angehörend hält. Allein er begnügt sich zu sagen: Man behaupte, sie seien einander so befreundet, daß der weibliche Baum keine Frucht bringe, wenn der männliche nicht in seiner Nähe, sondern durch einen weiten Raum von ihm getrennt sei (Cur. poster. 42)."

Bei den hier genannten Botanikern haben wir es mit einfacher Unkenntniß der Sache zu thun; bei dem botanischen Philosophen Caesalpin dagegen ist es die Consequenz des aristotelischen Systems, welche ihn veranlaßt, die Annahme getrennter Geschlechtsorgane bei den Pflanzen als ihrer Natur widersprechend ausdrücklich zurückzuweisen. Es ist schwer begreiflich, wie De

Candolle l. c. p. 48 sagen konnte, Caesalpin habe das Vorhandensein der Geschlechter bei Pflanzen bereits erkannt. Schon seine Auffassung der vegetabilischen Samenkörner als Analagon des männlichen Samens der Thiere, mußte ihm das Verständniß der Sexualität bei den Pflanzen unmöglich machen. Dasselbe beweist auch seine Annahme, daß der Same der Pflanzen aus dem Mark als dem Lebensprincip der Pflanze entspringe und in Zusammenhang hiermit heißt es im ersten seiner sechzehn Bücher p. 11: Non fuit autem necesse, in plantis genituram aliquam distinctam a materia secerni, ut in animalibus, quae mare et femina distinguuntur. Die den Fruchtknoten umgebenden oder von ihm getrennten Blüthentheile sammt den Staubgefäßen betrachtete er nur als Hüllen des Fötus und wenn er auch, wie schon gezeigt wurde, sehr wohl wußte, daß bei manchen Pflanzen, wie bei der Haselnuß, Kastanie, dem Ricinus, Taxus, Mercurialis, Urtica, Cannabis, Mais, die Blüthen von den Fruchtanlagen getrennt sind und sogar anführt, daß man die sterilen Individuen Männchen, die fruchtbaren Weibchen nenne, so faßte er dieß doch nur als eine populäre Bezeichnung auf, ohne ein Geschlechtsverhältniß wirklich zuzulassen; bezüglich der Ausdrücke mas et foemina heißt es p. 15: Quod ideo fieri videtur, quia foeminae materia temperatior sit, maris autem calidior; quod enim in fructum transire debuisset, ob superfluam caliditatem evanuit in flores, in eo tamen genere foeminas melius provenire et foecundiores fieri ajunt, si juxta mares serantur, ut in palma est animadversum, quasi halitus quidam ex mare efflans debilem foeminae calorem expleat ad fructificandum.

Vom Pollen ist dabei keine Rede, noch weniger von einer Verallgemeinerung des bei den getrenntgeschlechtigen Blüthen Wahrgenommenen auf die gewöhnlichen, wo Blüthe und Fruchtanlage im Sinne Caesalpin's vereinigt sind. Auch das in unserem ersten Buch p. 51 über seine Ansicht von dem Verhältniß zwischen Samen und Sproß Citirte zeigt, daß ihm die Samenbildung nur eine edlere Art der Fortpflanzung, als die

durch Knospen sei, nicht aber wesentlich verschieden davon. So wie sich Caesalpin einmal die aristotelische Lehre zurecht gelegt hatte, konnte ihm überhaupt die Annahme der Sexualität der Pflanzen nicht passen.

Was Prosper Alpin 1592 über die Bestäubung der Dattelpalme sagt, enthält nichts Neues, außer, daß er in Aegypten es selbst gesehen hatte. (De Candolle l. c. p. 47).

Der Böhme Adam Zaluziansky[1]) suchte 1592 das bis dahin Ueberlieferte, ohne jedoch selbst Beobachtungen zu machen, zu einer Art Theorie zu verschmelzen. Der Foetus, sagt er, ist ein Theil der pflanzlichen Natur, den die Pflanze aus sich hervorbringt und unterscheidet sich also von dem Sproß, insofern dieser aus der Pflanze hervorwächst, wie ein Theil aus dem Ganzen, jener dagegen, wie ein Ganzes aus einem Ganzen.

Fast wörtlich citirt er aus Plinius den Satz: die Naturbeobachter behaupteten, daß alle Pflanzen beiderlei Geschlecht besitzen, aber so, daß bei den einen die Geschlechter vermischt, bei den anderen vertheilt sind. Bei vielen Pflanzen sei das Männliche und Weibliche gemischt, weßhalb sie die Fähigkeit haben, für sich allein zu zeugen, ähnlich wie manche androgyne Thiere; und er verfehlt nicht, deutlicher als Aristoteles, dieß aus der mangelnden Ortsbewegung der Pflanzen zu erklären. So sei es bei der größten Mehrzahl der Pflanzen. Bei anderen jedoch, wie es namentlich bei der Palme feststeht, sei das Männliche und Weibliche getrennt und die weiblichen bringen ohne die männlichen keine Frucht und wo der Staub der letzteren nicht von selbst zu jenen gelangt, da könne der Mensch nachhelfen. Auch hier wie bei den anderen Schriftstellern blickt die Sorge durch, man möge Pflanzen von verschiedenem Geschlecht für verschiedene Arten halten. Auch nimmt Zaluziansky Bezug auf

---

[1]) Seine Methodus herbaria soll schon 1592 herausgekommen sein; mir ist sie jedoch unbekannt; das oben Mitgetheilte stützt sich auf ein langes wörtliches Citat Roeper's (in seiner Uebersetzung von De Candolle's Physiologie II. p 49) der eine Auflage von 1604 vor sich hatte.

die landläufige Unterscheidung vieler Pflanzen in männliche und weibliche nach gewissen äußerlichen Verschiedenheiten.

Gewiß hat auch Jungius die damals bekannten Thatsachen und Ansichten ebenfalls gekannt; das Studium seiner botanischen Schriften jedoch zeigt Nichts, was auf eine Annahme wirklicher Sexualität bei den Pflanzen, auf die Nothwendigkeit des Zusammenwirkens zweierlei Geschlechter zum Zweck der Fortpflanzung sich deuten ließe. Fast möchte man glauben, daß gerade die gelehrtesten und ernstesten Männer, wie Caesalpin und Jungius, die Annahme der Sexualität bei den Pflanzen als eine Absurdität betrachteten, mit der man sich nicht gerne befaßt. Diesen Eindruck macht auch die Lectüre von Malpighi's Pflanzenanatomie. Er war es, der die erste sorgfältige Entwicklungsgeschichte des Samens gab und sogar die früheren Entwicklungsstufen des Embryos im Embryosack studirte und dennoch sagt er bei dieser Gelegenheit Nichts über die Mitwirkung des in den Antheren enthaltenen Staubes zur Embryobildung, ja er erwähnt nicht einmal der Ansichten früherer Schriftsteller darüber. Auch Malpighi betrachtete wie Caesalpin die Samenbildung nur als eine andere Form der gewöhnlichen Knospenbildung, wie überhaupt die Fortpflanzung nur als eine andere Form der Ernährung. Daß man die Pflanzen mit unfruchtbaren Blüthen als männliche bezeichnet, wird nur nebenbei als Volksmeinung mit erwähnt (p. 52) und zum Schluß die Theorie aufgestellt, daß die Staubgefäße ebenso wie die Blumenblätter einen Theil des Saftes aus der Blüthe entfernen, um so einen reineren Saft zur Bildung der Samen zu gewinnen (p. 56).

In allen die Geschichte der Sexualität betreffenden Nachrichten wird ein in der Geschichte der Botanik sonst Unbekannter Sir Thomas Millington als derjenige bezeichnet, der zuerst die Staubgefäße als männliche Geschlechtsorgane in Anspruch genommen habe. Die einzige Nachricht darüber beschränkt sich jedoch auf folgende Mittheilung Grew's, in dessen Anatomy of plants 1682 p. 171 ch. 5. §. 3. „In Unterredung hierüber (nämlich über die Bedeutung der von Grew mit dem Worte

attire Schmuck[1]) bezeichneten Staubfäden für die Samenbildung) mit unserem gelehrten Savilian Professor Sir Thomas Millington, sagte mir derselbe, er sei der Meinung, daß das attire als männliches Organ zur Erzeugung des Samens diene. Ich erwiderte sogleich, daß ich derselben Meinung sei, gab ihm einige Gründe dafür an und beantwortete einige Einwürfe, welche derselben entgegenstehen könnten." Dann fährt Grew fort (p. 172), die Summe seiner diesen Gegenstand betreffenden Gedanken[2]) sei Folgendes: Zunächst scheine es, daß das attire dazu diene, gewisse überflüssige Theile des Saftes abzuscheiden, zur Vorbereitung der Erzeugung des Samens. Sowie die Blüthenblätter (foliature) dazu dienen, die flüchtigen salinischen Schwefeltheile wegzuschaffen, so dient das attire zur Verminderung und Adjustirung der luftartigen; damit der Same desto öliger werden könne und seine Principien besser fixirt werden. Wir befinden uns hier nämlich auf dem Boden der damaligen Chemie, wo Schwefel, Salz und Oel die Hauptsache war. Dem entsprechend, fährt Grew fort, habe die Blume gewöhnlich einen stärkeren Geruch als das attire, weil der salinische Schwefel stärker ist, als der luftartige, welcher zu subtil ist, um den Sinn zu afficiren u. s. w. Mit engem Anschluß an Malpighi's Ansicht betrachtet er nun diese Abscheidungen ähnlich den menses als solche, durch welche der Saft im Fruchtknoten für die herannahende Entstehung des Samens qualificirt wird. Und so wie das junge attire bevor es sich öffnet, den weiblichen menses entspreche, sei es wahrscheinlich, daß später, wenn es sich öffnet, es die Function des Männchens erfülle, wie sich aus der Form (!) dieser Theile schließen lasse. Wie verwirrt es aber auch in dieser Beziehung noch bei Grew steht, zeigt folgender Satz, (p. 152 § 6), den ich mit den Worten des Ori-

---

[1]) Bei den Compositen bezeichnet Grew jedoch die einzelnen Blüthen als florid attire (p. 37).

[2]) Man vergl. damit p. 38 und 39 des ersten 1671 erschienenen Theils dieses Werkes Gesagte, wo Grew noch keine sexuelle Bedeutung der Staubfäden annahm.

ginals hier folgen lasse: for in the florid attire (in den einzelnen Blüthen der Compositenköpfe) the blade (Griffel und Narbe) doth not unaptly resemble a small penis, with the sheath opon it, as its praeputium. And in the seedlike attire the several thecae are, like so many little testikles. And the globulets and other small partikles opon the blade or penis and in the thecae, are as the vegetable sperme. Wich as soon, as the penis is exserted or the testikles come to break, falls down opon the seedcase or wombe and so toutches it with a prolifick virtue.

Dem Bedenken, daß demnach dieselbe Pflanze männlich und weiblich sein müsse, tritt er mit der Thatsache entgegen, daß Schnecken und andere Thiere sich ebenso verhalten. Daß aber die Pollenkörner nur dadurch, daß sie auf den Fruchtknoten (uterus) fallen, diesem oder seinem Saft eine prolific virtue ertheilen, sei um so wahrscheinlicher, wenn man den Befruchtungsvorgang bei manchen Thieren damit vergleicht (wobei Grew sonderbare Dinge zur Tage fördert). Der ganze Abschnitt schließt mit der Bemerkung, wenn man eine vollständige Aehnlichkeit zwischen Thieren und Pflanzen in dieser Beziehung fordern wollte, so hieße das, verlangen, die Pflanze solle nicht einem Thiere ähnlich, sondern selbst ein Thier sein.

Fragt man sich nun, was etwa Millington und Grew wirklich geleistet haben, so besteht es in der Vermuthung, daß die Staubgefäße den männlichen Befruchtungsstoff erzeugen, eine Ansicht, die hier aber mit den wunderlichsten chemischen Theorieen und thierischen Analogieen eng verknüpft auftritt. Merkwürdig wie krumm die Wege sind, auf denen die Wissenschaft zuweilen fortschreitet; Grew, wenn er einmal irgend Sexualität bei den Pflanzen annehmen wollte, hätte einfach an Theophrast's Angabe anknüpfen können, daß man zur Befruchtung weiblicher Palmen den Blüthenstaub der männlichen über ihnen ausschüttle und da Grew ebenso wie Malpighi den Blüthenstaub in den Staubgefäßen vorfand, konnten diese letzteren ohne

Weiteres und noch dazu auf ein Jahrtausende altes Experiment gestützt als die männlichen Organe in Anspruch genommen werden. Der älteren Ansichten und Erfahrungen jedoch erwähnt Grew mit keinem Wort. Irgend ein Experiment zur Beantwortung der Frage hat auch er ebensowenig gemacht, wie irgend ein anderer Schriftsteller vor Camerarius. Es war schon ein Fortschritt, daß Ray in seiner Historia plantarum (1693. I. Cap. 10. p. 17. II. p. 1250) diesen so äußerst unklaren Gedankengang Grew's durch Hinweis auf die diöcischen Pflanzen und auf die alten Erfahrungen an der Dattelpalme, klärte und mehr in's richtige Geleise brachte, ohne jedoch auch seinerseits durch Experimente der Frage näher zu treten. Zudem war der eigentliche Entdecker der Sexualität, Camerarius, schon zwei Jahre vor dem Erscheinen der Historia plantarum Ray's mit der experimentellen Lösung des Problems beschäftigt. Auch was Ray 1694 in der Vorrede zu seinem Sylloge stirpium sagt, ist eben nur eine Behauptung, die sich auf kein Experiment stützt. Aber selbst wenn man den Aeußerungen Grew's und Ray's einen größeren Werth beilegen wollte, so würde doch die Vergleichung der Art und Weise, wie Camerarius die Sache angriff, ohne Weiteres zeigen, daß er es gewesen ist, der zunächst die Frage theoretisch soweit geklärt hat, daß sie einer experimentellen Behandlung zugänglich wurde und daß er unzweifelhaft der Erste war, der nicht nur Experimente überhaupt in dieser Richtung unternahm, sondern diese auch mit großem Geschick durchführte, wie wir im Folgenden sehen werden. Linné traf das Richtige, wenn er (Amoenitates I 1749 p. 62) sagt, Camerarius habe zuerst das Geschlecht und die Erzeugung der Pflanzen deutlich bewiesen (perspicue demonstravit).

2.

Begründung der Lehre von der Sexualität der Pflanzen durch Rudolph Jacob Camerarius 1691—1694.

Was man bis zum Jahre 1691 über die Sexualität der Pflanzen wußte, waren also die schon von Theophrast erzählten Thatsachen betreffs der Dattelpalme, der Terebinthe und des medischen Apfels, ferner die Vermuthungen Millington's Grew's und Ray's, denen jedoch die Ansicht Malpighi's als ebenso berechtigt entgegenstand. Zu einer wissenschaftlich festgestellten Thatsache konnte die Sexualität der Pflanzen nur auf einem einzigen Weg, dem des Experiments, erhoben werden; es mußte gezeigt werden, daß ohne die Mitwirkung des Blüthenstaubes keimfähige Samen nicht entstehen. Nach allen vorliegenden historischen Documenten war R. J. Camerarius der Erste, welcher einen derartigen Versuch zur Lösung der Frage machte und demselben zahlreiche andere Experimente folgen ließ. Eine ganz andere Frage ist es, wie der Befruchtungsstoff zu den befruchtungsfähigen Samenanlagen gelangt und diese konnte erst dann einen Sinn haben, wenn durch Experimente festgestellt war, daß der Pollen überhaupt zur Befruchtung des Samens unentbehrlich ist.

J. Ch. Mikan, Professor der Botanik in Prag, hat sich das Verdienst erworben, die sehr zerstreuten, daher wenig bekannt gewordenen Schriften des Rudolph Jakob Camerarius[1])

---

[1]) Rudolph Jacob Camerarius geboren zu Tübingen 1665 starb daselbst 1721. Nachdem er Philosophie und Medicin studirt, durchreiste er von 1685 bis 1687 Deutschland, Holland, England, Frankreich und Italien; 1688 wurde er Prof. extraord. und Director des botan. Gartens in Tübingen, 1689 Professor der Physik bis 1695 und zuletzt, als Nachfolger seines Vaters Elias Rudolph Camerarius, erster Professor der Universität; sein Sohn Alexander, eines seiner zehn Kinder, wurde später sein Nachfolger in dieser Stellung. (Nach einem Artikel der Biographie universelle von Du Petit-Thouars). Auch die anderen, nicht das Ge-

in Verbindung mit einigen solchen Koelreuter's zu sammeln und unter dem Titel R. J. Camerarii opuscula botanici argumenti 1797 (Pragae) herauszugeben. Ich werde mich hier ganz vorwiegend an dieses, wie es scheint, nur wenig bekannte Buch halten. Die kleinen vorläufigen Mittheilungen des Camerarius sind daselbst aus dem neunten und zehnten Jahrgang der zweiten und aus dem fünften und sechsten Jahrgang der dritten Dekurie der Ephemeriden der Leopoldina wörtlich abgedruckt; der uns später beschäftigende Brief an Valentin nach J. G. Gmelin's Ausgabe von 1749 wiedergegeben; ebenso ein Auszug desselben und eine Antwort des Valentin.

Camerarius hatte beobachtet, daß ein weiblicher Maulbeerbaum einmal Frucht trug, obwohl kein männlicher Baum (amentaceis floribus) in der Nähe war, daß aber die Beeren nur taube, hohle Samen enthielten, welche er mit den unbefruchteten Windeiern der Vögel verglich. Durch diese Beobachtung aufmerksam geworden, machte er nun das erste Experiment mit einer anderen zweihäusigen Pflanze, dem Bingelkraut (Mercurialis annua); er nahm von den freiwachsenden Pflanzen Ende Mai zwei weibliche Exemplare (die man früher als männliche bezeichnete, die er jedoch als die weiblichen erkannte), setzte sie in Töpfe und sonderte sie von anderen ab. Die Pflanzen gediehen vortrefflich, die Früchte schwollen zahlreich an, halb reif aber begannen sie zu vertrocknen und nicht eine brachte vollen Samen; seine Mittheilung darüber ist vom 28. Dezember 1691 datirt. In der dritten Dekurie der Ephemeriden annus V erzählt er, daß er in einer Aussaat von Spinat neben diöcischen Pflanzen auch monöcische gefunden habe, dasselbe habe Ray bei Urtica romana beobachtet, was Camerarius an drei anderen Arten bestätigt fand. Die Nichtbeachtung dieser Thatsache hat später vielfach irrige Deutung der Experimente und Zweifel an der Sexualität veranlaßt.

---

schlecht der Pflanzen betreffenden Abhandlungen des Camerarius zeichnen sich vor denen ihrer Zeit durch geistvolle Auffassung und klare Darstellung aus.

Das Hauptwerk des Camerarius über die Sexualität der Pflanzen ist jedoch seine vielgenannte, aber wie es scheint, von sehr Wenigen gelesene De sexu plantarum expistola, die er am 25. August 1694 an Valentin Professor in Gießen richtete. Dieser Brief ist das Umfangreichste, was bis dahin und selbst bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts über die Sexualität der Pflanzen geschrieben wurde; er enthält aber auch das bei Weitem Gründlichste in dieser Richtung vor Koelreuter. Die Darstellungsweise weicht sehr zu ihrem Vortheil von der jener Zeit weit ab und ist durchaus im modern naturwissenschaftlichen Sinn gehalten: eine vollständige Kenntniß der einschlägigen Literatur wird hier mit sorgfältiger Kritik gehandhabt; der Blüthenbau klarer als jemals vorher und lange nach ihm dargestellt und zwar ausdrücklich in der Absicht, den Sinn seiner Experimente über die Sexualität verständlich zu machen. Man sieht es der ganzen Haltung des Briefes an, daß Camerarius von der außerordentlichen Wichtigkeit der Frage durchdrungen war und daß es ihm darauf ankam, die Existenz der Sexualität auf jede mögliche Weise festzustellen.

Nach der ausführlichen Betrachtung der Blüthentheile, der Antheren mit ihrem Pollen, des Verhaltens der befruchteten und unbefruchteten Samenanlagen, der Erscheinungen an gefüllten Blumen u. dgl., woraus er mit vieler Umsicht die Bedeutung der Antheren (apices) ableitet, geht er nun zum directen Beweis über: „In der zweiten Abtheilung von Pflanzen sagt er, bei welcher die männlichen Blüthen von den weiblichen auf derselben Pflanze getrennt sind, habe ich auch zwei Beispiele davon kennen gelernt, welch' schlimme Wirkung die Entfernung der Antheren ausübt. Als ich nämlich zunächst von dem Ricinus die männlichen Blüthen (globulos), bevor die Antheren sich ausbreiteten, wegnahm und das Auftreten jüngerer verhinderte, während ich zugleich die vorhandenen Fruchtstände schonte, erhielt ich niemals vollständigen Samen, sondern ich sah leere Blasen, welche endlich erschöpft und vertrocknet zu Grunde gingen. Ebenso wurden von dem Mais die bereits herabhängenden Narben

(coma) geschickt abgeschnitten, worauf die beiden Kolben völlig ohne Samen blieben, obgleich die Zahl der tauben Schalen (vesicularum) sehr groß war.“ Betreffs der diöcischen Pflanzen Morus und Mercurialis verweist er auf seine früheren Mittheilungen in den Ephemeriden und auch der Spinat habe diese Resultate bestätigt. Nach dem Hinweis auf ähnliche Verhältnisse bei den Thieren fährt er fort: „Im Pflanzenreich findet keine Erzeugung durch Samen, dieses vollkommenste Geschenk der Natur, dieses allgemeine Mittel zur Erhaltung der Species statt, wenn nicht vorher die Antheren, die in dem Samen enthaltene junge Pflanze vorbereitet haben (nisi praecedanei florum apices prius ipsam plantam debite praeparaverint). Es scheint daher gerechtfertigt, jenen apices einen edleren Namen beizulegen und die Bedeutung von männlichen Geschlechtsorganen, da die Kapseln derselben Behälter sind, in welchen der Same selbst, nämlich jenes Pulver, der subtilste Theil der Pflanze, secernirt und gesammelt wird, um von hier aus später abgegeben zu werden. Ebenso leuchtet ein, daß der Fruchtknoten mit seinem Griffel (seminale vasculum cum sua plumula sive stilo) das weibliche Geschlechtsorgan der Pflanze darstellt.“ Weiterhin geht er auf des Aristoteles Theorie der vermischten Geschlechter der Pflanzen ein und führt Swammerdam's Entdeckung des Hermaphroditismus der Schnecken an, was bei Thieren Ausnahme, bei den Pflanzen aber Regel sei. Ein Irrthum, der aber erst hundert Jahre später durch Konrad Sprengel erkannt und endlich in neuester Zeit vollkommen widerlegt worden ist, war es allerdings, wenn Camerarius glaubte, daß die hermaphroditischen Blüthen sich selbst befruchten, was er im Vergleich mit den Schnecken sehr sonderbar findet, was aber die meisten Botaniker trotz Koelreuter und Sprengel bis auf die neueste Zeit nicht sonderbar gefunden haben. Daß man am Schluß des 17. Jahrhunderts die Sexualität der Pflanzen höchstens im bildlichen Sinne gelten ließ (wobei Ray ausgenommen werden muß), daß aber Camerarius dieselbe ganz in demselben Sinne, wie bei den Thieren auffaßte, und diese Auffassung zur

Geltung zu bringen suchte, erkennt man an den starken Ausdrücken, welche er braucht, um zu zeigen, daß bei den Diöcisten der Unterschied von männlicher und weiblicher Pflanze nicht bloß bildlich zu verstehen sei. Sowie bei den Thieren entstehe auch bei den Pflanzen der neue Fötus, das im Samen enthaltene Pflänzchen, erst nach dem Abblühen innerhalb der Samenhaut. Bezeichnend ist es dabei für die in jener Zeit noch immer geltende Autorität der Alten, daß Camerarius es für nöthig hält, ausdrücklich hervorzuheben, daß die Ansichten des Aristoteles, Empedokles und Theophrast seiner eigenen Sexualtheorie nicht im Wege stehen. Der ächte Naturforscher und kritische Geist macht sich aber darin bei Camerarius geltend, daß er den für die Thiere schon damals erhobenen Streit, ob das Ei oder das Spermatozoid (vermis) den Fötus erzeuge, auf sich beruhen läßt, da es einstweilen nur darauf ankomme, die sexuelle Differenz zu konstatiren, aber nicht die Art der Zeugung; wünschenswerth sei ihm allerdings, daß man untersuche, was die Pollenkörner enthalten, wie weit sie in die weiblichen Theile eindringen, ob sie unverletzt bis zu den empfangenden Samen vorrücken, oder was sie entlassen, wenn sie etwa vorher zerspringen. Den Verdiensten Grew's um die Kenntniß des Pollens und seiner Bedeutung läßt er volle Gerechtigkeit widerfahren.

Dem naturwissenschaftlichen Sinn des Camerarius macht es alle Ehre, daß er selbst eine Reihe von Einwänden gegen seine Sexualtheorie hervorhebt; zu diesen gehört, daß die Lycopodien und Equiseten aus ihrem Staub, wie er glaubt, keine jungen Pflanzen erzeugen; er vermuthete daher, daß ihnen die Samen fehlen. Es ist aber zu beachten, daß die Keimung der Equiseten und Lycopodien überhaupt erst in unserem Jahrhundert beobachtet worden ist. Ein für jene Zeit wichtigerer Einwand lag darin, daß ein dritter Kolben einer kastrirten Maispflanze elf befruchtete Samen enthielt, über deren Entstehung er keine Rechenschaft zu geben wußte. Noch ärgerlicher war ihm, daß drei aus dem Feld genommene Hanfpflanzen, im Garten

kultivirt, dennoch fruchtbare Samen brachten, was er durch verschiedene Annahmen über unbemerkte Bestäubung zu erklären sucht. Auch dieß veranlaßte ihn zu einem neuen Versuch; im nächsten Jahr brachte er nämlich einen Topf mit Hanfkeimpflanzen in einen abgeschlossenen Raum; es entstanden drei männliche und drei weibliche Pflanzen; die drei männlichen wurden (nicht von ihm selbst) bevor sie ihre Blüthen öffneten, abgeschnitten; es entstanden zwar sehr viele taube Samen, aber auch ziemlich viel fruchtbare. Wie es zu gehen pflegt, klammerten sich die Neider und diejenigen, welche sich selbst das Verdienst des Camerarius anzueignen suchten, an diese mißlungenen Versuche, ohne freilich irgend eine Erklärung der gelungenen Versuche geben zu können. Für uns ist die Angabe seiner mißlungenen Versuche vielmehr der Beweis der Genauigkeit seiner Beobachtungen, denn wir kennen jetzt die Ursache des Mißlingen, die Camerarius selbst eigentlich schon beobachtet, aber nicht zur Erklärung benutzt hattte. Man darf wohl annehmen, daß er in ruhigerer Zeit seine ohnehin ausgezeichnete Untersuchung auch in dieser Beziehung abgerundet haben würde, denn am Schluß des Briefes beklagte er sich über die Unbill des herrschenden Krieges; es war die Zeit der Raubzüge Ludwig's XIV. Am Schluß des Briefes findet sich eine aus 26 vierzeiligen Strophen bestehende lateinische Ode, welche von einem Unbekannten, wahrscheinlich einem Schüler des Camerarius, gedichtet worden ist; ähnlich wie Goethe's bekanntes Gedicht den Inhalt seiner Metamorphosenlehre, so enthält diese, allerdings nicht göthische Ode im Wesentlichen den Inhalt der epistola de sexu plantarum; sie beginnt mit den Worten:

Novi canamus regna cupidinis,
Novos amores, gaudia non prius
    Audita plantarum, latentes
    Igniculos, veneremque miram.

3.

Verbreitung der neuen Lehre, ihre Anhänger und Gegner.

1700—1760.

Kein Theil der Botanik ist so oft historisch behandelt worden, wie die Lehre von der Sexualität der Pflanzen. Da jedoch die Mehrzahl der Berichterstatter die Quellen nicht aufsuchten, so sind die Verdienste der wirklichen Begründer und Förderer der Lehre vielfach zum Vortheil Anderer verdunkelt worden; selbst deutsche Botaniker haben das Verdienst des Camerarius, weil sie dessen Schriften nicht kannten oder kein Urtheil über die Frage und ihre Lösung hatten, Franzosen und Engländern zugeschrieben. Ich habe es mir angelegen sein lassen, die Literatur des 18. Jahrhunderts in dieser Beziehung sorgfältig zu durchforschen und werde hier zu zeigen versuchen, in wie weit vor Koelreuter noch irgend Jemand zur Gründung der Sexualtheorie thatsächlich Etwas beigetragen hat. Wie es bei großen Neuerungen in der Wissenschaft immer zu gehen pflegt, fanden sich solche, welche die neue Theorie einfach leugneten, Viele, die sie ohne Verständniß des Fragepunctes annahmen, Andere, welche sie von herrschenden Vorurtheilen durchdrungen schief auffaßten und entstellten, Manche, die es versuchten, das Verdienst des Entdeckers sich selbst zuzuschreiben und nur sehr Wenige, welche mit richtigem Verständniß der Frage durch neue Untersuchungen die Sache förderten.

Von denen, welche durch eigene Beobachtungen zur Lösung der Frage beizutragen suchten, sind aber zwei Abtheilungen zu unterscheiden; zuerst diejenigen, denen die Frage, ob überhaupt der Pollen zur Samenbildung nöthig sei, die Hauptsache war. In diese Abtheilung gehören Bradley, Logan, Müller, Gleditsch. Andere nahmen dagegen die Sexualität überhaupt als erwiesen an und suchten zu zeigen, auf welche Weise der Pollen die Befruchtung des Samens bewirke; dahin gehören Geoffroy und Morland. Eine zweite Classe der hier in

Betracht kommenden Schriftsteller sind diejenigen, welche die Frage ohne eigene Beobachtungen und Experimente glaubten behandeln zu können, und aus allgemeinen Gründen das von den Beobachtern Festgestellte entweder einfach acceptirten wie Leibnitz, Burckhard und Vaillant, oder aus philosophischen Gründen von Neuem zu beweisen suchten, wie Linné und seine Schüler, oder endlich die Sexualität einfach verwarfen, wie Tournefort und Pontedera. Endlich wäre Patrick Blair zu nennen, der selbst nichts leistete, sondern einfach die gesammten Resultate des Camerarius sich aneignete und zum Lohn dafür sogar von deutschen späteren Schriftstellern auch als einer der Begründer der Sexualtheorie angeführt wird.[1])

Sehen wir zunächst, was durch weitere Experimente und Beobachtung wirklich zu Tage gefördert wurde. Der Erste, welcher Experimente mit hermaphroditen Blüthen anstellte, um die Sexualität der Pflanzen überhaupt zu erweisen, scheint Bradley (New improvements in gardening 1717 I p. 20) gewesen zu sein. Er pflanzte zwölf Tulpen auf einen von anderen Tulpen abgelegenen Platz des Gartens und nahm ihnen, sobald sie sich zu öffnen anfingen, die Antheren weg; der Erfolg war, daß nicht eine derselben Samen hervorbrachte, während an einer anderen Stelle desselben Gartens 400 Tulpen massenhaft Samen lieferten.

Wieder vergehen zwei Jahrzehnte, bis ein neues Experiment gemacht wird. James Logan,[2]) Gouverneur von Pennsylvanien, ein geborner Irländer, hatte in jeder Ecke seines Gartens, der vierzig Fuß breit und ungefähr achtzig lang war,

---

[1]) Man vergl. P. Blair's: Botanik essays in two parts 1720 p. 242 bis 276; das unverschämte Plagiat an Camerarius erstreckt sich sogar bis auf die erwähnte Ode.

[2]) Dieß nach Koelreuter's Bericht in dessen: Historie der Versuche über das Geschlecht der Pflanzen in opuscula bot. argum. von Mikan p. 188. Logan's Werk: Experim. et meletemata de plant. generatione ist mir unbekannt geblieben; nach Pritzel erschien es 1739 in Haag Koelreuter citirt eine Londoner Ausgabe von 1747.

einige Maispflanzen gesetzt und verschiedene Maßregeln getroffen. Im October bemerkte er nun folgende Ergebnisse: die Kolben derjenigen Pflanzen, an denen er die männlichen Rispen, als bereits die Narben herabhingen, weggeschnitten hatte, schienen zwar ein ganz gutes Ansehen zu haben; nach genauerer Untersuchung waren sie jedoch sämmtlich unbefruchtet, ausgenommen einen, der nach jener Seite gerichtet war, von woher der Wind den Pollen anderer Maispflanzen zuwehen konnte. An denjenigen Kolben, die ihrer Narben zum Theil beraubt worden waren, fand er gerade so viel Körner als er Narben hatte stehen lassen. Ein noch vor Austritt der Narben in Mousselin eingehüllter Kolben ergab nur unfruchtbare, leere Samenschalen.

Von besonderem Interesse sind die späteren Versuche Müller's von 1751, welche Koelreuter aus dem Gärtnerlexicon (11. Theil p. 543)[1] mittheilt, insofern hier zum ersten Mal die Insectenhülfe bei der Bestäubung beobachtet wurde. Müller pflanzte zwölf Tulpen in einer Entfernung von sechs bis sieben Ellen von einander und nahm ihnen sobald sie sich öffneten, ihre Staubfäden sorgfältig weg; er glaubte hierdurch die Befruchtung gänzlich verhindert zu haben; einige Tage später jedoch sah er Bienen in einem gewöhnlichen Tulpenbeet sich mit Pollen bedecken und zu seinen kastrirten Blumen hinfliegen. Als sie wieder fort waren, bemerkte er, daß sie eine zur Befruchtung hinreichende Menge von Blumenstaub auf den Narben zurückgelassen hatten und wirklich brachten auch diese Tulpen Samen. Müller sonderte auch männliche Spinatpflanzen von weiblichen ab und fand, daß die letzteren zwar große aber keimlose Samen trugen.

Professor Gleditsch, Director des botanischen Gartens in Berlin, veröffentlichte in demselben Jahr (Hist. de l'acad. roy. des sc. et des lettres für das Jahr 1749, ausgegeben 1751, Berlin) einen Versuch über die künstliche Befruchtung der Palma tactylifera folio flabelliformi, was unzweifelhaft

---

[1]) Ich benutze hier Koelreuter's schon genannten Bericht in Mikan's citirter Sammlung.

unser Chamerops humilis ist, da er selbst p. 105 sagt, es sei Linné's Chamerops und Koelreuter die Pflanze in seinem Bericht ebenfalls so nennt. Diese Abhandlung ist durch ihre wissenschaftliche Haltung, durch die gelehrte Behandlung der Fragepuncte das Beste, was seit Camerarius bis auf Koelreuter in dieser Richtung geleistet wurde. Wir erfahren aus der Einleitung, daß es im Jahre 1749 nur noch Wenige gab, welche die Sexualität der Pflanzen in Zweifel zogen. Er selbst habe sich eine vollständige Ueberzeugung von der Sexualität durch mehrjährige Experimente mit Pflanzen der verschiedensten Art zu erwerben gesucht. Er habe besonders in den letzten Jahren vorwiegend die diöcischen Bäume zur Untersuchung gewählt, Ceratonia, Therebinthus, Lentiscus und diejenige Species der Dattelpalme, welche man gewöhnlich Chamerops nennt. Nachdem er über die Entstehung keimfähiger Samen der Terebinthe und des Mastixbaumes durch künstlich eingeleitete Bestäubung berichtet, wendet er sich zu dem Chamerops, von welcher Art Prinz Eugen wiederholt Exemplare von bedeutender Größe aus Afrika hatte kommen lassen; ein Exemplar habe bis zu hundert Pistolen gekostet; sie gingen jedoch zu Grunde, ohne zu blühen. Unsere Palme in Berlin, fährt er fort, die vielleicht achtzig Jahre alt sein mag, ist rein weiblich; sie habe nach der Behauptung des Gärtners niemals Früchte getragen und Gleditsch selbst fand in fünfzehn Jahren keinen fruchtbaren Samen an derselben. Da es in Berlin keinen männlichen Baum dieser Art gab, ließ Gleditsch den Pollen aus dem Garten des Caspar Bose in Leipzig kommen. Auf dem neuntägigen Transport war bereits der größte Theil des Pollens aus den Aetheren gefallen und Gleditsch fürchtete schon, er könne verdorben sein; aber die Nachricht des Leipziger Botanikers Ludwig, der in Algier und Tunis erfahren hatte, daß die Afrikaner gewöhnlich trockenen und einige Zeit aufbewahrten Pollen zur Befruchtung verwenden, ließ ihn auf Erfolg hoffen. Obgleich der weibliche Baum schon beinahe abgeblüht hatte, streute er den ausgefallenen Pollen dennoch auf dessen Blüthen

und befestigte den schon verschimmelten männlichen Blüthenstand an einen nachträglich blühenden weiblichen Sproß. Das Resultat war, daß im folgenden Winter Früchte reiften, welche im Frühjahr 1750 keimten. Ein zweiter Versuch in ähnlicher Weise ausgeführt, ergab ein gleich günstiges Resultat.[1])

Koelreuter, der in seiner „Historie der Versuche, welche vom Jahr 1691 bis auf 1752 über das Geschlecht der Pflanzen an gestellt worden sind", das hier Vorgeführte ebenfalls mittheilt, beendigt seinen Bericht darüber mit den Worten: „Dies sind, soviel mir bekannt ist, alle Versuche, die von 1691 bis auf das Jahr 1752 in der Absicht, das Geschlecht der Pflanzen zu beweisen und zu bestätigen gemacht und beschrieben worden sind"; Koelreuter's Schrift war eben dem Nachweis gewidmet, daß wo es sich um die Constatirung der Sexualität im Pflanzenreich handelt, ausschließlich Experimente entscheiden können und daß eben außer Camerarius, Bradley, Logan, Müller, Gleditsch bis 1752 Niemand solche gemacht habe.

Während es sich bei den oben Genannten um die Frage handelte, ob überhaupt Sexualität im Pflanzenreich besteht, begegnen wir schon im Anfang des 18. Jahrhundert zweien Schriftstellern, welche die Sexualität als vorhanden betrachten, sich aber die Frage vorlegen, in welcher Weise der Pollen die Bildung des Embryos bewirke. Beide waren Anhänger der Evolutionstheorie, schlechte Beobachter und mit der Literatur nicht vertraut. Der Erste derselben ist **Samuel Morland**. In den philosophical transactions 1704 (für das Jahr 1702 und 1703 p. 1474) nennt derselbe Grew denjenigen, der bemerkt habe (observed), daß der Pollen dem männlichen Samen entspreche; auf Camerarius' Experimente, damals noch die einzigen,

---

[1]) Koelreuter, der ebenfalls über diese Versuche berichtet, sagt dabei er habe 1766 Pollen von Chamerops nach Petersburg und Berlin geschickt, wo er von Eckleben und Gleditsch mit Erfolg zur Bestäubung benutzt wurde. Koelreuter wollte auf diese Art prüfen, wie lange der Pollen seine Wirksamkeit behält.

nimmt er keine Rücksicht. Er stellt aber die Annahme auf, die jungen Samen seien unbefruchteten Eiern vergleichbar, der Pollenstaub (farina) enthalte Samenpflänzchen, von denen je eines in jede Samenanlage (ovum) gelangen müsse, damit diese fruchtbar werde; demnach müsse der Stilus eine Röhre sein, durch welche jene Samenpflänzchen in ihre Brutnester hineingleiten. Bei der Kaiserkrone (Fritillaria imperialis) läßt er den Blüthenstaub sogar durch Wind und Regen von der Narbe aus durch den Griffelkanal hindurch in den Fruchtknoten gespült werden, ohne zu beachten, daß diese Bewegung in der hängenden Blüthe aufwärts stattfinden müßte. Wenn ich nachweisen könnte, sagt er, daß man in den unbefruchteten Samen niemals Embryonen findet, so würde der Beweis zur Demonstration werden; er aber sei nicht so glücklich gewesen, dies zu entscheiden; davon, daß Camerarius gerade dies bereits zehn Jahre früher geleistet hatte, erwähnt Morland Nichts. Statt dessen findet er nun den Hauptbeweis für seine Vermuthung darin, daß bei den Bohnen der Embryo nahe an dem Loche (der Mikropyle) der Samenschale liegt, woraus wir zugleich ersehen, daß Morland nicht einmal wußte, daß die beiden großen Körper in Bohnensamen (die Cotyledonen) zum Embryo gehören, worüber seine Landsleute Grew und Ray bereits das Nöthige publicirt hatten. Die Frage, auf welche Weise die Befruchtung stattfinde, hat also Morland in keiner Weise beantwortet; seine Abhandlung enthält Nichts als die Behauptung, daß die Embryonen bereits in den Pollenkörnern enthalten sind und durch einen hohlen Griffel in die Samen gelangen, wo sie ausgebrütet werden, eine durchaus irrige Vorstellung, die noch dazu nichts Originelles bietet, da sie sich ganz und gar an die damals herrschende Evolutionstheorie anschließt.

Geoffroy's Mittheilungen (Hist. de l'acad. roy. d. sc. Paris 1714 p. 210) sind ein wenig reicher an thatsächlichen Angaben; ohne Grew, Camerarius oder selbst nur Morland zu erwähnen, knüpfte er seine schon 1711 gemachten „Beobachtungen über die Structur und den Nutzen der wichtigeren

Blüthentheile" an Tournefort an, der ein entschiedener Gegner der Sexualität der Pflanzen war. Die Blüthentheile werden flüchtig beschrieben, einige Formen der Pollenkörner abgebildet, die vorgefaßte Meinung, daß der Griffel eine Röhre sein müsse, durch einen einzigen Versuch, durch Wasseraufsaugung mittelst des Griffels einer Lilie scheinbar bestätigt. Die Ansicht, daß der Pollen nicht, wie Tournefort gleich Malpighi behauptet hatte, ein Excrement sei, wird zum Theil durch ganz nichtssagende Beweise gestützt z. B. durch die falsche Behauptung, die Staubgefäße seien immer so gestellt, daß die Extremität der Pistills nothwendig ihren Staub aufnehmen müsse. Der einzige Beweis, daß die Samen unfruchtbar bleiben, wenn Blüthenstaub nicht mitwirkt, wird durch sehr flüchtige Angaben über Versuche mit Mais und Mercurialis gegeben. Der Erfolg dieser Versuche ebenso wie gewisse sonstige Aeußerungen Geoffroy's erinnern mehr, als bloßer Zufall bewirken könnte, an den Text des Briefes von Camerarius. Sollte Geoffroy, was ich einigermaßen bezweifle, wirklich selbst Versuche mit Mais und Mercurialis gemacht haben, so wären sie doch um fünfzehn Jahre jünger als die des Camerarius, der unter anderen auch diese Versuche gemacht und viel besser beschrieben hatte. Geoffroy sucht nun zu zeigen, auf welche Weise der Blüthenstaub die Befruchtung bewirke und stellt darüber zweierlei Ansichten auf: 1) der Staub sei sehr schwefelhaltiger Natur, seine Theile lösen sich auf dem Pistill, die subtilsten dringen in den Fruchtknoten, wo sie durch eine von ihnen eingeleitete Fermentation die Entstehung des Embryos bewirken; oder 2) die Pollenkörner enthalten schon die Embryonen, die in den Samen gelangt daselbst ausgebrütet werden; also die bereits von Morland, der jedoch nicht erwähnt wird, gemachte Annahme. Dies hält er für den wahrscheinlicheren Fall, zunächst deßhalb, weil man vor der Befruchtung noch keinen Embryo im Samen erblicke und weil die Samen der Bohnen eine Oeffnung (die Mikropyle), besitzen; es entgeht ihm dabei, daß diese Thatsachen ebenso sehr für die erste, wie für die zweite Ansicht sprechen..

Es wird nur dieser Anführungen bedürfen, um zu zeigen, daß Morland und Geoffroy weder zur Constatirung der Sexualität überhaupt, noch zur Entscheidung der Frage, wie der Pollen die Befruchtung bewirkt, Etwas beigetragen haben.

Ich habe jedoch diese beiden zunächst deßhalb hinter den eigentlichen Förderern der Sexualtheorie genannt, weil sie doch wenigstens auf empirischem Boden standen und Organisationsverhältnisse nachzuweisen suchten, welche das Wie der Befruchtung erläutern sollten, wenn ihnen dieß auch nicht gelang. Es sind nun aber noch eine Reihe von Männern zu nennen, die man gewöhnlich als Mitbegründer der Sexualtheorie angeführt findet; so Leibnitz, Burckhard, Vaillant, Linné, von denen sich aber nachweisen läßt, daß sie zur wissenschaftlichen Begründung dieser Lehre gar Nichts beigetragen haben. Was zunächst den Philosophen Leibnitz betrifft, so sagt er 1701 in einem Briefe, aus welchem Jessen (Botanik der Gegenwart und Vorzeit 1864 p. 287) das Wesentlichste mittheilt: „Die Blüthen haben nun die genaueste Beziehung zur Fortpflanzung der Pflanzen, und in der Fortpflanzungsweise (principiis generationis) Unterschiede aufzufinden, ist von großem Nutzen u. s. w. ferner: „Einen neuen und äußerst wichtigen Vergleichungspunct werden auch in Zukunft die neuen Untersuchungen über das doppelte Geschlecht der Pflanzen darbieten.“ Nach Jessen's Referat nennt er als Beobachter R. J. Camerarius und Burckhard. Man wird von Leibnitz nicht erwarten, daß er selbst Experimente gemacht habe und die citirten Aeußerungen weisen eben nur darauf hin, daß er die Blüthentheile, weil sie nach anderen Beobachtern die Fortpflanzung vermitteln, zur systematischen Eintheilung benutzt wissen wollte. Ganz dasselbe und in viel höherem Grade gilt von Burckhard, welcher in seinem schon oben p. 89 citirten Briefe vom Jahre 1702 den von Leibnitz angedeuteten Gedanken weiter ausführte, indem auch er die Sexualität als solche für eine erwiesene und selbstverständliche Sache nahm. Die in den historischen Angaben früherer Botaniker häufig genannte Rede des Sebastian Vaillant, womit

derselbe 1717 seine Vorlesung am Jardin de roy in Paris eröffnete, habe ich nicht zu Gesicht bekommen; De Candolle jedoch, der ihm eine ganz besondere Bedeutung für die Entwicklung der Sexualtheorie beimißt, sagt [1]), daß er in dieser Rede „die Sexualität der Pflanzen auf das Förmlichste und als eine zu seiner Zeit bekannte Sache aufstellte", und ferner „Vaillant beschreibe sehr malerisch, auf welche Weise die Staubgefäße den Stempel befruchten," wobei wohl nicht viel Richtiges untergelaufen sein mag, da erst Koelreuter, Konrad Sprengel und die Botaniker der neuesten Zeit gerade über diesen letzten Punct ins Reine gekommen sind. Vaillant's Verdienst dürfte sich also auf eine rhethorische Schilderung des damals Bekannten beschränken. Dennoch fährt De Candolle fort „Vaillant's Entdeckungen wurden u. s. w.", sowie es auf der folgenden Seite daselbst heißt: „Linné bestätigte diese Entdeckungen im Jahre 1736 in seinen Fundamenta botanica und benutzte dieselbe im Jahre 1735 bei der Begründung seines Sexualsystems auf eine geschickte Weise." Welche Verwirrung der Begriffe diesen und vielen ähnlichen Angaben zu Grunde liegt, habe ich schon oben p. 88 gezeigt und wie es mit Linné's Verdiensten um die Constatirung der Sexualität aussah, wird man aus meiner Darstellung im 1. Buch p. 93—95 bereits zur Genüge entnommen haben. Linné's ganze geistige Anlage brachte es mit sich, daß er auf den experimentellen Nachweis einer Thatsache, auch wenn sie, wie die Sexualität, nur und ausschließlich experimentell bewiesen werden kann, doch nur unbedeutenden Werth legte; auf seinem scholastisch philosophischen Standpunct war es ihm viel wichtiger, die Existenz dieser Thatsache philosophisch, wie er meinte, aus dem Begriff der Pflanze oder aus der Vernunft abzuleiten und dabei verschiedene Analogieen von den Thieren herbeizuziehen; daher ließ er des Camerarius Verdienst zwar gelten, kümmerte sich jedoch wenig um die allein entscheidenden Experimente desselben, während er

[1]) Pflanzenphysiologie übersetzt von Roeper II. 1835. p. 82.

lang und breit aus Vernunftgründen u. s. w. den Beweis für die Sexualität selbst zu führen unternimmt. Wie er dieß in den Fundamenten und in der Philosophia botanica that, wurde l. c. dargestellt; hier wollen wir noch kurz bei der häufig citirten Dissertation Sponsalia plantarum im ersten Band der Amoenitates academicae von 1749 verweilen. Dort werden die Ansichten von Millington, Grew, Camerarius u. s. w. mitgetheilt; dann aber läßt sich Linné p. 63 vom Promovenden Gustav Wahlboom sagen, er, Linné sei 1735 in den Fundamenta botanica mit unendlicher Mühe an diese Frage gegangen und habe daselbst §. 132—150 das Geschlecht der Pflanzen mit so großer Gewißheit demonstrirt, daß Keiner zögern würde, auf dasselbe das weitläufige System der Pflanzen zu gründen. Wir haben also auch hier wieder die Gründung des sogenannten Sexualsystems Linné's in die Sexualitätsfrage hereingezogen, als ob dieselbe das Geringste mit der Constatirung der Sexualität selbst zu thun hätte, und was es mit der unendlichen Mühe (infinito labore), welche Linné der Sache gewidmet haben soll, auf sich hat, so enthalten die citirten Paragraphen der Fundamenta die von uns p. 93 bereits dargestellten scholastischen Kunststücke, aber keinen einzigen thatsächlich neuen Nachweis. Ganz in derselben Weise sind übrigens auch die Beweisführungen in der hier betrachteten Dissertation gehalten, welche überhaupt nur eine weitläufige Paraphrase der in den Fundamenta botanica aufgestellten Linné'schen Sätze unter Zuhilfenahme der von Anderen gemachten Experimente ist, mit einem äußerst spärlichen Zusatz nebensächlicher, zum Theil mißverstandener Wahrnehmungen. So heißt es z. B. p. 101: Beinahe in allen Blüthen finde sich Nektar, von welchem Pontedera glaube, er werde von den Samen eingesogen, damit sie sich länger conserviren u. s. w.; man könne glauben, die Bienen seien den Blüthen schädlich, insofern sie den Nektar und den Pollen wegnehmen; doch wird gegen Pontedera bemerkt, daß die Bienen mehr Nutzen als Schaden stiften, da sie den Pollen auf das Pistill ausstreuen, obgleich noch nicht feststehe, was der Nektar in der

Physiologie der Blüthe zu bedeuten habe. Auch diese bald darauf von Müller besser konstatirte Thatsache der Insectenhülfe wird hier nicht weiter verfolgt, denn p. 99 wird von den Kürbissen gesagt, sie bringen ihre Früchte hinter Fenstern deßhalb nicht zur Ausbildung, weil der Wind die Bestäubung nicht mehr vermitteln könne.

Von Versuchen wird nur einer genannt, ohne daß man erfährt, wer ihn angestellt hat. Es heißt nämlich p. 99, daß im Jahre 1723 im Garten von Stenbrohuld ein Kürbis geblüht habe, welchem täglich die männlichen Blüthen genommen wurden, worauf nicht eine einzige Frucht sich gebildet habe. Nebenbei wird auch auf die Kunstgriffe der Gärter hingewiesen, um Varietätbastarde von Tulpen und Kohl zu erzielen, die Sache aber mehr als eine angenehme Spielerei behandelt. — Im dritten Band der Amoenitates vom Jahr 1764, wo Koelreuter's erste Untersuchungen über Hybridation bereits publicirt waren, finden wir aber eine Dissertation von Haartman über hybride Pflanzen abgedruckt, welche allerdings schon 1751 geschrieben war. In dieser Abhandlung wird nun die Nothwendigkeit hybrider Formen aus philosophischen Gründen gerade so gefolgert, wie Linné früher aus solchen auch die Sexualität abgeleitet hatte; Experimente werden nicht gemacht, sondern beliebige Pflanzenformen als Bastarde in Anspruch genommen; bei einer Veronica spuria, im Garten von Upsala 1750 gesammelt, wird behauptet, sie stamme von der Veronica maritima als Mutter und von Verbena officinalis als Vater ab; dieser letzteren aber wird die Vaterschaft nur deßhalb zugeschrieben, weil sie in der Nähe wuchs; ebenso finden wir hier ein Delphinium hybridum aus der Bestäubung von Delphinium elatum mit Aconitum Napellus, eine Saponaria hybrida aus der Bestäubung von S. officinalis mit dem Pollen einer Gentiana; wir erfahren unter Anderem, daß Actaea spicata alba aus A. spicata nigra mit dem Pollen von Rhus toxicodendron u. s. w. entstanden sei. Daß hier nicht von Beobachtung der entscheidenden Momente, sondern nur von Folgerungen aus

beliebig angenommenen Prämissen die Rede ist, leuchtet sofort ein.

Demnach haben Linné und seine Schüler in dem Zeitraum zwischen Camerarius' und Koelreuter's Arbeiten zur Begründung der Thatsache, daß es eine geschlechtliche Differenz bei den Pflanzen und eine Bastardirung verschiedener Arten gebe, keinen einzigen neuen oder stichhaltigen Beweis beigebracht und wenn dennoch zahlreiche spätere Botaniker Linné's große Verdienste um die Sexualtheorie gerühmt, ihn als den hervorragendsten Begründer derselben bezeichnet haben, so beruhte das zum Theil darauf, daß sie Linné's scholastische Deductionen von naturwissenschaftlichen Beweisen nicht zu unterscheiden vermochten, zum Theil auf der früher schon erwähnten Verwechslung der Begriffe Sexualität und der auf die Sexualorgane gegründeten Eintheilung der Pflanzen; auf eine solche laufen z. B. auch die Ansprüche hinaus, welche Renzi für Patrizi erhoben, Ernst Mayer jedoch bereits als auf diesem Irrthum beruhend zurückgewiesen hat (Mayer, Gesch. d. Bot. IV p. 420). Noch in unserem Jahrhundert wurde De Candolle von Johann Jacob Römer getadelt, daß er Linné nicht als den Begründer der Sexualtheorie habe gelten lassen.

Nun zum Schluß noch einige Worte über diejenigen Schriftsteller, welche nach des Camerarius Untersuchungen die Sexualität der Pflanzen noch leugneten, weil sie entweder die Literatur nicht kannten, oder unfähig waren, wissenschaftliche Beweise zu würdigen. Zunächst ist hier Tournefort zu nennen, der großen Autorität wegen, welche er unter den Botanikern in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts genoß. In seinen uns schon bekannten Institutiones rei herbariae vom Jahr 1700 (I. p. 69) handelt er von der physiologischen Bedeutung der Blüthentheile, wie es scheint, völlig ohne Kenntniß der Untersuchungen des Camerarius, aber jedenfalls mit Anlehnung an Malpighi's Ansichten. Die Blumenblätter sollen aus den Blüthenstielen Nahrung aufnehmen, welche sie wie Eingeweide weiter verarbeiten und der wachsenden Frucht darbieten, während

die ungeeigneten Bestandtheile des Saftes durch die Staubfäden in die Antheren übergehen und sich in den Loculamenten derselben ansammeln, um als Exkrete ausgeworfen zu werden. Selbst die Nothwendigkeit der Bestäubung der weiblichen Dattelpalme bezweifelte Tournefort. Er kannte eben die Thatsache nicht hinreichend, und war durch Vorurtheile irre geführt. Ganz ähnlich verhielt es sich noch 1720 mit dem italienischen Botaniker Pontedera, der in seiner Anthologia noch einmal Malpighi's unglückliche Ansicht aufwärmte und zugleich den Nektar zur Ausbildung der Samen vom Fruchtknoten aufsaugen ließ; bei Pflanzen mit diklinischen Blüthen hielt er die männliche für eine unnützige Zuthat.

Valentin, an welchen Camerarius seine berühmte Epistel (De sexu plantarum 1694) gerichtet hatte, erwies diesem einen schlechten Dienst, indem er einen kurzen Auszug derselben veröffentlichte, welcher grobe Mißverständnisse bezüglich der Thatsachen enthielt.[1]) Auf diese falschen Angaben gestützt bestritt auch Alston sogar noch 1756 die Folgerungen des Camerarius, indem er zugleich aus ganz nichtssagenden Gründen die sexuelle Bedeutung der Staubfäden bezweifelte. Die besser begründeten Zweifel eines Herrn Möller in Deutschland, der weibliche Spinat- und Hanfpflanzen auch nach der Entfernung der männlichen noch Samen tragen sah, und sich auf die scheinbar ungeschlechtliche Fortpflanzung der Kryptogamen berief, wurden von Kästner in Göttingen mit dem Hinweis auf die Thatsache zurückgewiesen, daß diöcische Pflanzen zuweilen Zwitterblüthen bringen, wofür er die Weiden anführte. Diese Zweifel wären überhaupt ganz unmöglich gewesen, wenn die hier Genannten die Abhandlungen des Camerarius gelesen und verstanden, überhaupt die Literatur gekannt hätten.

---

[1]) Genauere Nachweisungen darüber gab Koelreuter in seiner Historie der Versuche u. s. w. Vergl. in opuscula botanici argumenti von Mikan p. 180.

4.

Evolutionstheorie und Epigenesis.

Dem Einfluß der Evolutionstheorie auf die Befruchtungslehre der Pflanzen begegneten wir schon oben bei Morland und Geoffroy. Ausführlicheres erfahren wir darüber in dem schon früher genannten Werk des Philosophen Christian Wolff „Vernünftige Gedanken von den Wirkungen der Natur" (Magdeburg 1723), dessen betreffende Aeußerungen ich hier auch deßhalb citire, um zu zeigen, was selbst ein so gebildeter und belesener Mann im Vaterlande des Camerarius und 30 Jahre nach dessen Schrift über die Sexualität der Pflanzen wußte. Im 2. Capitel des 4. Theils, welches über Leben, Tod und Erzeugung der Pflanzen handelt, sagt Wolff: „Ordentlicher Weise werden die Pflanzen aus Samen erzeugt, denn der Same enthält nicht allein die Pflänzlein im Kleinen in sich, sondern auch zugleich die erste Nahrung." Ebenso natürlich sei die Fortpflanzung durch Augen, deren jedes einen Zweig im Kleinen enthält. „Man findet in der Blüthe inwendig allerlei Stengel rings herum, daran oben Etwas zu sehen so ganz staubig ist und den Staub auf den obern Theil des Behältnisses von den Samen fallen läßt, das einige mit dem Geburtsglied der Thiere und den Staub mit dem männlichen Samen vergleichen. Nach ihrer Meinung wird der Same durch den Staub fruchtbar gemacht und müssen demnach die kleinen Pflänzlein durch den Staub in das Samenbehältniß und darinnen in den Samen gebracht werden. Ich habe mir zwar vorgenommen gehabt, die Sache zu untersuchen, allein ich habe es immer wieder vergessen." — — — „Da Dieses Alles, was bisher beigebracht worden, auch bei den Blumen zu finden, die aus Zwiebeln wachsen, und gleichwohl gewiß ist, daß die Blätter der Zwiebeln folgends auch Pflänzlein in sich haben — — — so sieht man leicht, daß die jungen Pflänzlein (Embryonen) aus den Blättern der Zwiebeln kommen müssen. Weil sie nun daraus so leicht mit dem Safte in die Samenkörnlein können gebracht werden, als in den

Staub, der sich oben in der Blume erzeugt, so zweifle noch gar sehr, ob die Sache auch ihre Richtigkeit hat und mit der Erfahrung übereinstimmen wird. Es entsteht aber nun die Hauptfrage, woher die kleinen Pflänzchen in den Saft kommen: weil sie nicht bloß eine äußerliche Figur, sondern auch eine innerliche Struktur haben, so sieht man nicht, wie sie entweder durch bloße innere Bewegung des Saftes oder durch Absonderung gewisser Theile entstehen können. — Und dieses ist allerdings glaublicher, daß die kleinen Pflänzlein schon im Kleinen vorhanden gewesen, ehe sie in dem Saft und der Pflanze durch einige Veränderung in den Zustand gesetzt worden, wie sie im Samen und den Augen anzutreffen. Allein es ist nun ferner die Frage, wo sie denn vorher gewesen. Sie stecken demnach entweder in einer kleinen Gestalt in einander, wie in Sonderheit Malebranche behauptet oder werden aus der Luft und Erde mit dem Nahrungssaft in die Pflanze gebracht, wie Honoratus Fabri vorgegeben und Perrault und Sturm nach ihm weiter ausgeführt. Nach der ersten Meinung muß das erste Samenkörnlein Alles in sich enthalten haben, was bis auf diese Stunde daraus gewachsen ist." Diese Zumuthung geht jedoch selbst über Wolff's Glauben hinaus; denn, sagt er, es mache der Einbildungskraft viel zu schaffen, wie man sich diese Einschachtelung der Keime denken solle. Es ist bekannt, daß derartige Vorstellungen im 18. Jahrhundert sehr verbreitet waren, und daß man die Spermatozoiden der Thiere für eine wichtige Stütze derselben hielt; selbst Albert Haller war noch in den sechziger Jahren Anhänger der Evolutionstheorie. So confus auch der Gedankengang Wolff's im Uebrigen ist, verdient doch die Hervorhebung des Gedankens Beachtung, daß bei der Annahme der Evolution die sexuelle Bedeutung der Staubgefäße eigentlich wegfällt. Wir werden unten sehen, wie Koelreuter in ganz anderer Weise die Natur der geschlechtlichen Fortpflanzung aufzufassen wußte. Ueberhaupt wird die für die Sexualtheorie epochemachende Bedeutung Koelreuter's erst dann recht verstanden, wenn wir die theoretischen Ansichten seiner Vorgänger und Zeitgenossen betrachten. Es wird

daher am Orte sein, hier zum Theil chronologisch vorgreifend auch die Ansichten des Freiherrn von Gleichen-Rußworm und die schwachen Gründe Kaspar Friedrich Wolff's gegen die Evolutionstheorie zu erwähnen. Der zuerst Genannte vertrat in seinem Werk: „Das Neueste aus dem Reich der Pflanzen" u. s. w. 1764, vorwiegend auf mikroskopische Beobachtung des Inhaltes der Pollenkörner gestützt, die Ansicht, daß die kleinen Körnchen desselben den Spermatozoiden der Thiere entsprechen und in die Samenknospen eindringen, um dort zu Embryonen ausgebildet zu werden. Trotzdem war Gleichen ein eifriger Verfechter der Sexualtheorie und suchte bekannte Einwendungen gegen dieselbe durch den Hinweis auf das Vorkommen weiblicher Blüthen an männlichen Spinatpflanzen zu entkräften, auch machte er mit Mais und Hanf Experimente in dieser Richtung. Ohne zu beachten, daß gerade die Bastarde den schlagendsten Beweis gegen die Evolutionstheorie darstellen, nahm er dieselben doch ganz richtig für einen besonders starken Beweis zu Gunsten der Sexualität überhaupt in Anspruch. Was freilich seine wirkliche Kenntniß von Bastarden betraf, so stützte sie sich zum Theil auf Linné's uns bekannte Angaben, ja er beschreibt sogar einen Bastard zwischen Hirsch und Kuh u. dgl. und ärgert sich über Koelreuter, weil dieser das Vorkommen der Hybriden so sehr einschränke. So geht es, der Erste, der überhaupt Bastarde im Pflanzenreich methodisch erzeugte, mußte sich schelten lassen, daß er die ganz aus der Luft gegriffenen Bastarde seiner Zeitgenossen nicht gelten ließ. Uebrigens ist Gleichen's genanntes Buch, sowie seine auserlesenen mikroskopischen Entdeckungen von 1777 reich an guten Wahrnehmungen im Einzelnen; er war es sogar, der die Pollenschläuche von Asclepias zuerst sah und abbildete, ohne natürlich ihre Natur und Bedeutung zu ahnen.

Kaspar Friedrich Wolff wird gewöhnlich als derjenige bezeichnet, der die Evolutionstheorie zuerst widerlegt habe. Anzuerkennen ist jedenfalls, daß er schon in seiner Doktordissertation 1759, der bekannten Theoria generationis, entschieden gegen die Evolution auftrat; was aber das Gewicht seiner Gründe

betrifft, so war dasselbe nicht groß; und jedenfalls haben die fast gleichzeitig von Koelreuter entdeckten Pflanzenbastarde einen viel schlagenderen Beweis gegen jede Form der Evolutionstheorie geliefert. C. F. Wolff faßte den Befruchtungsact einfach als eine andere Form der Ernährung auf. Auf die sehr unvollständige, zum Theil unrichtige Wahrnehmung hin, daß schlecht genährte Pflanzen früher blühen, betrachtete er überhaupt die Blüthenbildung als den Ausdruck geschwächter Ernährung, (vegetatio languescens). Die Fruchtbildung aber soll in der Blüthe dadurch hervorgerufen werden, daß dem Pistill in dem Pollen eine vollendetere Nahrung dargeboten werde. Wolff griff hiermit wieder auf die älteste, schon von Aristoteles in gewissem Sinne vertretene Ansicht zurück, die unfruchtbarste, die sich denken läßt, da sie durchaus ungeeignet scheint, die zahlreichen mit der Sexualität zusammenhängenden Erscheinungen irgend wie zu erklären, vor allem aber den Hybridationsresultaten Rechnung zu tragen. Wolff konnte so zwar die Evolutionstheorie abweisen; aber ihm selbst gieng dabei das wesentlich Eigenthümliche des Sexualactes verloren.

5.

Weiterer Ausbau der Sexualtheorie durch Joseph Gottlieb Koelreuter und Konrad Sprengel.

1761—1793.

R. J. Camerarius hatte auf experimentellem Wege gezeigt, daß bei den Pflanzen zur Hervorbringung embryohaltiger Samen die Mitwirkung des Pollens unentbehrlich ist und einige wenige spätere Beobachter hatten die Thatsache der Sexualität durch verschiedene weitere Experimente bestätigt. Für die streng naturwissenschaftliche weitere Forschung kam es jetzt darauf an, ebenfalls wieder auf experimentellem Wege zu erfahren, welchen Antheil das männliche und weibliche Princip an der Bildung der durch den Geschlechtsact entstehenden neuen Pflanze nimmt. Wenn Pollen und Samenknospe derselben Pflanzenform angehören, so nimmt auch der Nachkomme dieselbe Form an und die Frage

bleibt unentschieden. Es kam also darauf an, Pollen und Samenknospe verschiedener Pflanzenformen zu vereinigen; hier mußte sich zeigen, ob und welche Eigenschaften die Nachkommen durch den Pollen, und welche durch die Samenknospe sie gewinnen; vorausgesetzt natürlich, daß eine solche Vereinigung von verschiedenen Pflanzenformen überhaupt möglich sei. Auch diese Fragen konnten ausschließlich durch Experimente d. h. durch künstliche Bastardirung beantwortet werden; denn bevor man nicht auf diese Weise hybride Formen wirklich erzeugt hatte, blieb es eine ganz unsichere Hypothese, anzunehmen, daß gewisse wildwachsende Pflanzenformen durch Bastardbefruchtung entstanden seien.

Die Frage, ob bei den Pflanzen Bastardbefruchtung möglich sei, hatte schon Camerarius in seinem Briefe angeregt mit dem Zusatz, ob dann ein veränderter Nachkomme entstehe (an et quam mutatus inde prodeat foetus). Nach Bradley's Bericht hatte sogar schon vor 1719 ein Gärtner in London einen Bastard von Dianthus caryophyllus und D. barbatus künstlich erzielt. Der erste aber, der sich wissenschaftlich und eingehend mit der Frage beschäftigte, war **Koelreuter.**[1]) Er erkannte zuerst die ganze Wichtigkeit derselben und bearbeitete sie mit einer bewunderungswürdigen, damals ganz unerhörten Ausdauer und

---

[1]) Joseph Gottlieb Koelreuter geb. zu Sulz am Neckar 1733, starb 1806 in Carlsruhe, wo er Professor der Naturgeschichte und von 1768 bis 1786 auch Oberaufseher der botanischen und fürstlichen Hofgärten war; diese letztere Stellung mußte er jedoch, der Widersetzlichkeit der Gärtner weichend aufgeben, nachdem seine Beschützerin, die Markgräfin Caroline von Baden gestorben war, worauf er seine Beobachtungen in seinem eigenen kleinen Garten bis 1790 fortsetzte. Es ist wohl ein Mißverständniß, wenn C. F. Gärtner (in seinem Werk über Bastardbefruchtung 1849 p. 5) sagt, Koelreuter habe seitdem alchimistischen Versuchen obgelegen. — Mehr Biographisches über ihn zu erfahren ist mir trotz vielen Suchens nicht gelungen, auch die biographie universelle anc. et mod. enthält nichts über diesen hochverdienten Mann. Obige Angaben nach Gärtner l. c. und Flora 1839 p. 245. Daß Koelreuter vor 1766 auch in Petersburg war, geht aus einer Notiz in der 3. Fortsetzung der „vorläuf. Nachricht" p. 151 hervor.

Einsicht, so zwar, daß Koelreuter's Bastardiruugen auch jetzt noch, obgleich seitdem Tausende derartiger Experimente gemacht worden sind, zu den besten und lehrreichsten zählen. Er war es aber auch, der zuerst die verschiedenen Einrichtungen innerhalb der Blüthe in ihrer Beziehung zum Sexualverhältniß sorgfältig studirte, zuerst die Bedeutung des Nektars und die Mithülfe der Insecten bei der Bestäubung erkannte und die Ansicht vom Wesen des Sexualactes als einer Vermischung zweier verschiedener Materien aufstellte, welche, wenn auch mit namhaften Veränderungen, in der Hauptsache jetzt noch als die giltige zu betrachten ist.

Vergleicht man Koelreuter's nicht umfangreiche, aber inhaltsschwere Schriften mit Allem, was seit Camerarius geschrieben worden war, so erstaunt man, nicht nur über die Fülle neuer Gedanken, sondern noch mehr über die außerordentliche Klarheit und Durchsichtigkeit derselben und über die Sicherheit ihrer Begründung durch Experimente und Beobachtung. Bei der Lectüre von Linné's, Gleichen's, Wolff's Schriften über die Sexualität tritt man in eine uns längst fremdgewordene, schwer verständliche Gedankenwelt ein, die nur noch historisches Interesse darbietet. Koelreuter's Schriften dagegen heimeln uns an, als ob sie unserer Zeit angehörten; sehr natürlich, weil das Beste, was wir über die Sexualität wissen, von ihm zuerst ausgesprochen worden ist; selbst nach mehr als hundert Jahren sind seine Schriften nicht als veraltet zu betrachten. Man sieht hier, wie ein wirklich begabter Denker mit der nöthigen Ausdauer in wenigen Jahren allein weit mehr leistet, als zahlreiche weniger begabte Beobachter im Laufe vieler Jahrzehnte. Wie es aber gerade in solchen Fällen gewöhnlich geschieht und wie es schon Camerarius erfahren hatte, so geschah es auch hier; es dauerte viel länger, bis Andere die Bedeutung seiner Arbeiten schätzen lernten, als er nöthig gehabt hatte, seine Entdeckungen zu Tage zu fördern.

Koelreuter's wichtigste und bekannteste Schrift kam in vier Abtheilungen 1761, 1763, 1764, 1766 unter dem Titel:

„Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen" heraus; ich werde versuchen, die wichtigeren Resultate übersichtlicher gruppirt in Kürze zusammenzufassen.

An verschiedenen Stellen finden sich Beobachtungen und Versuche über die Bestäubungseinrichtungen, die bis dahin nur selten und nachlässig beobachtet worden waren. Da man den Pollenschlauch noch nicht kannte und auch Koelreuter von der Ansicht ausging, daß aus den auf die Narbe gebrachten Pollenkörnern eine Flüssigkeit in die Samenknospen eindringe, so war es zunächst von Interesse, die Quantität des Pollens festzustellen, welche zur vollständigen Befruchtung eines Fruchtknotens nöthig ist; zu diesem Zweck zählte Koelreuter die in einer Blüthe gebildeten Pollenkörner und verglich sie mit derjenigen Zahl, welche zur vollständigen Befruchtung auf die Narbe gebracht werden muß, und fand, daß die letztere Zahl bei Weitem kleiner ist. So zählte er z. B. in einer Blüthe des Hibiscus venetianus 4863 Pollenkörner, während 50—60 derselben genügten, um mehr als 30 Samen des Fruchtknotens zu befruchten; bei Mirabilis Jalappa und longiflora zählte er in den Antheren circa 300 Samenkörner, während 2—3 derselben, sogar ein einziges genügte, um den einsamigen Fruchtknoten zu befruchten. Ebenso untersuchte er, ob bei mehrtheiligen, selbst tiefgespaltenen Griffeln die Befruchtung durch einen einzigen derselben in allen Fächern des Fruchtknotens bewirkt werde, was er bestätigt fand.

Sein besonderes Augenmerk richtete Koelreuter auf die Einrichtungen, durch welche im natürlichen Lauf der Dinge der Pollen aus den Antheren auf die Narben gelangt. Wenn er hierbei auch dem Wind und der Erschütterung noch einen zu großen Spielraum gönnte, so war er doch der Erste, der die große Bedeutung der Insectenwelt für die Bestäubung der Blüthen erkannte: „Ueberhaupt, sagt er, sind die Insecten bei Pflanzen, bei welchen das Bestäuben nicht gewöhnlichermaßen durch eine unmittelbare Berührung geschieht, (nach neueren Erfahrungen freilich meist auch in solchen Fällen) immer mit im Spiel

und tragen das Meiste zur Bestäubung und folglich auch zur Befruchtung derselben bei und wahrscheinlicher Weise leisten sie wo nicht den allermeisten Pflanzen, doch wenigstens einem sehr großen Theil derselben diesen ungemein großen Dienst; denn es führen alle hierher gehörigen Blumen Etwas bei sich, das ihnen angenehm ist und man wird nicht leicht eine derselben finden, bei der sie sich nicht in Menge einfinden sollten.“ Bei Epilobium erkannte er sogar schon die Dichogamie, ohne diese Wahrnehmung jedoch weiter zu verfolgen. — Das erwähnte Etwas in den Blüthen, was den Insecten angenehm ist, untersuchte nun Koelreuter; er sammelte den Nektar zahlreicher Blumen (1760) künstlich in größern Quantitäten auf und fand, daß derselbe nach dem Abdünsten des Wassers eine Art wohlschmeckenden Honigs darstellte; nur bei der Kaiserkrone, die auch von den Hummeln nicht beachtet wird, war dieser Honig schlecht. Koelreuter zweifelte daher nicht, daß die Bienen ihren Honig aus dem Nektarsaft der Blüthen bereiten. Wie sehr ihn die Beziehungen der Existenz der Pflanzen zur Existenz gewisser Thiere interessirten, Beziehungen, welche erst in neuester Zeit durch Darwin wieder in den Vordergrund gestellt worden sind, zeigt seine Untersuchung über die Fortpflanzung der Mistel (1763); mit Nachdruck hebt er hervor, daß bei dieser Pflanze nicht nur die Bestäubung von Insecten bewirkt werden muß, sondern daß auch die Aussaat ihrer Samen ausschließlich durch Vögel bewirkt werden könne, daß also die Existenz dieser Pflanze an zweierlei Thiere aus ganz verschiedenen Klassen gebunden sei.

Ebenso zog Koelreuter die Bewegungen, zumal die durch Reizbarkeit vermittelten, der Staubgefäße und Narben in den Kreis seiner Beobachtungen. Der Graf Giambattista dal Covolo hatte 1764 die ersten Beobachtungen über die Reizbarkeit der Staubgefäße distelähnlicher Pflanzen gemacht und die Mechanik derselben zu erklären gesucht. Koelreuter kümmerte sich weniger um die letztere, als vielmehr um den Nutzen, welchen die Reizbarkeit der Staubgefäße für die Bestäubung der Narben haben könne; er zog dabei auch die schon von Du Hamel erwähnten

reizbaren Staubfäden von Opuntia, Berberis und Cistus in Betracht, und entdeckte seinerseits die Reizbarkeit der Narbenlappen von Martynia proboscidea und Bignonia radicans. Hier erkannte er, daß die Narbenlappen mechanisch gereizt, sich schließen, bald aber wieder öffnen; wenn sie dagegen mit Pollen belegt werden, so lange geschlossen bleiben, bis die Befruchtung gesichert ist.

Wie vollkommen die Bestäubung der Blüthen durch Insecten ausgeführt wird, stellte er durch einen vergleichenden Versuch fest, wo 310 Blumen mit dem Pinsel künstlich, ebensoviele von den Insecten bestäubt wurden; die Samenbildung der letzteren blieb nur wenig hinter der jener zurück, obgleich die Insecten von ungünstigem Wetter behindert waren.

Ebenso suchte er die Zeit festzustellen, welche von der Auftragung des Pollens aus gerechnet nöthig ist, um die zur Befruchtung erforderliche Quantität „Samenstoff" in den Fruchtknoten gelangen zu lassen; auch zeigte er, daß die Bestäubung auch im Finstern die Befruchtung bewirkt; spätere Botaniker behaupteten zwar das Gegentheil, aber mit Unrecht.

Weniger glücklich war Koelreuter mit seinen Beobachtungen über die Structur der Pollenkörner, da es sich hier ausschließlich um mikroskopische Beobachtungen handelte und gerade in jener Zeit die Mikroskope noch sehr mangelhaft waren. Dennoch sah er, daß die Haut des Pollenkornes aus zwei isolirten Schichten besteht, erkannte die Stacheln und sonstigen Skulpturverhältnisse der äußeren Schicht und ihre Elasticität; bei Passiflora coerulea beobachtete er die Deckel an den Löchern der Exine und bei den in Wasser gelegten Pollenkörnern sah er sogar die innere Haut in Form zapfenartiger Ausstülpungen hervortreten, die dann freilich zerissen und den Inhalt ausgossen. Doch deutete er die von ihm gesehenen Pollenschlauchanfänge unrichtig, indem er annahm, diese Ausstülpungen hätten den Zweck, das Platzen befeuchteter Pollenkörner zu verhindern. Klarer wurde man über diesen Punct jedoch erst 60—70 Jahre später. Koelreuter hielt den Inhalt des Pollens für ein

„zellenförmges Gewebe". Als die eigentlich befruchtende Substanz betrachtete er aber das Oel, welches den Pollenkörnern außen anhängt; er nahm an, es werde im Innern derselben bereitet und trete durch feine Canäle der Pollenhaut heraus. Das Zerplatzen der Pollenkörner, welches sein Gegner Gleichen für nöthig hielt, um die von ihm angenommenen Samenthierchen austreten zu lassen, bezeichnete Koelreuter als einen widernatürlichen Vorgang.

Von der Annahme ausgehend, daß das den Pollenkörnern anhängende Oel die befruchtende Substanz sei, stellte nun Koelreuter den damaligen chemischen Anschauungen entsprechend, folgende Ansicht über den Befruchtungsvorgang auf, indem er zugleich die Ansicht abwies, als ob die Pollenkörner selbst in den Fruchtknoten gelangen könnten: „Beide, sagt er, sowohl der männliche Same, als die weibliche Feuchtigkeit auf den Stigmaten sind öligter Natur, vermischen sich daher, wenn sie zusammenkommen auf das Innigste unter einander und machen nach der Vermischung eine gleichartige Mischung aus, die wenn anders eine Befruchtung erfolgen soll, von dem Stigma aufgesogen und durch das Stielchen zurück bis zu den sogenannten Sameneiern oder unbefruchteten Kernen geführt werden muß." Koelreuter ließ also die Befruchtung eigentlich schon auf der Narbe stattfinden und den gemischten männlichen und weiblichen Stoff in den Fruchtknoten hinabwandern, um dort in den Samen die Embryonen zu erzeugen. Diese Ansicht hatte er schon 1761 ausgesprochen; 1763 führte er sie weiter aus, indem er den Gedanken geltend machte, daß die männliche und weibliche Feuchtigkeit sich untereinander verbinden wie eine sauere und eine laugenhafte Substanz sich zu einem Mittelsalz vereinigen; aus dieser Verbindung entstehe entweder sogleich oder erst später eine neue belebte Maschine. Noch 1775 kam er bei einer Untersuchung über die Bestäubungsverhältnisse der Asclepiadeen auf diesen Gedanken wieder zurück und betonte hier besonders, daß im ganzen Pflanzen- und Thierreich der Befruchtungsact in der Vermischung zweier flüssigen Materien bestehe. Doch scheint er später die Narben-

feuchtigkeit nicht mehr als die sexuell weibliche betrachtet zu haben, da ihn Versuche lehrten, daß durch Ersetzung der eigenen durch fremde Narbenfeuchtigkeit bei Bestäubung mit eigenem Pollen keine Bastardform entsteht.[1]) Jedenfalls hatte Koelreuter eine richtigere Vorstellung von dem Wesen der sexuellen Befruchtung, als irgend Jemand vor ihm und besonders war dieselbe geeignet, auch die Erfolge seiner Bastardirungen für jene Zeit hinreichend zu erklären, während zugleich die Bastarde selbst die schlagendsten Beweise gegen die herrschende Evolutionstheorie ergaben.

Wir sind hier bei der bedeutendsten Leistung Koelreuter's angelangt, bei der Herstellung der Bastarde; hier, wo es sich abermals um geschicktes Experimentiren handelte, wo es nicht auf mikroskopisches Sehen ankam, erreichte Koelreuter Resultate, an denen auch später Nichts zu ändern war, die vielmehr noch in neuester Zeit mit späteren Beobachtungen zusammen, zur Ableitung allgemeiner Gesetze der Hybridation benutzt worden sind. Der erste Bastard, den Koelreuter durch Uebertragung des Pollens von Nicotiana paniculata auf die Narben von N. rustica erhielt, brachte zwar impotenten Pollen; bald darauf aber erhielt er Bastarde dieser beiden Species, welche keimfähige Samen lieferten und 1763 beschrieb er außerdem eine lange Reihe neuer Bastarde in den Gattungen Nicotiana, Kedmia, Dianthus, Mattiola, Hyoscyamus u. a. Im letzten Abschnitt seiner erwähnten Schrift von 1766 beschreibt er achtzehn Hybridationsversuche mit fünf einheimischen Verbascum-Arten und unterwirft er Linné's oben mitgetheilte Ansichten über Bastardpflanzen einer vernichtenden Kritik. Zugleich zeigt er, gestützt auf Experimente, daß, wenn eigener und fremder Pollen gleichzeitig auf eine Narbe kommt, nur der eigene befruchtend wirke, und daß hierin zum Theil das Fehlen wilder Bastarde,

---

[1]) Vergl. darüber Gärtner: Bastardbefruchtung 1849 p. 62. Mir ist die betreffende zweite Fortsetzung von Koelreuter's Arbeit leider unzugänglich.

die man aber künstlich erzeugen kann, begründet sei. Auf eine ausführlichere Darstellung seiner berühmten Bastarde dritten, vierten und fünften Grades, die Rückführung der Bastarde in die väterliche Urform durch wiederholte Bestäubung mit der letzteren u. s. w., deren Resultate Nägeli später ausführlich theoretisch bearbeitet hat, kann ich hier nicht eingehen.

Der allgemein theoretische Werth von Koelreuter's künstlichen Pflanzenbastarden ist gar nicht hoch genug anzuschlagen; die Vermischung der Eigenschaften der väterlichen und mütterlichen Form war der stärkste Beweis gegen die Evolutionstheorie und ließ gleichzeitig einen tiefen Blick in das wahre Wesen der sexuellen Vereinigung thun. Auch ging aus Koelreuter's zahlreichen Untersuchungen sofort hervor, daß nur ganz nahe verwandte Pflanzen und auch diese nicht immer einer geschlechtlichen Vereinigung fähig sind, wodurch die vagen Vorstellungen Linné's für jeden Urtheilsfähigen sofort beseitigt wurden, wenn es auch immerhin noch lange dauerte, bis die Wissenschaft alle Vortheile aus Koelreuter's Untersuchungen zog. Die Pflanzensammler aus der Linné'schen Schule ebenso, wie die eigentlichen Systematiker am Ende des vorigen Jahrhunderts, hatten kein Verständniß für derartige Leistungen, ja Koelreuter's Ergebnissen zum Trotz, verbreiteten sich in der botanischen Literatur später unrichtige Vorstellungen über Bastarde und ihre Fähigkeit sich fortzupflanzen; den Gläubigen der Constanzlehre konnten die Bastarde ohnehin nur unbequem sein, sie störten ihnen die Reinlichkeit des Systems und paßten zudem nicht recht zu der Annahme, daß jede Species eine „Idee" repräsentire.

Indeß fielen Koelreuter's Lehren doch nicht ganz auf unfruchtbaren Boden; wenigstens in Deutschland fanden sich zwei Botaniker, welche an ihn anknüpften: Joseph Gärtner, der Verfasser der berühmten Carpologie und Vater von Carl Friedrich Gärtner, der später 25 Jahre lang Befruchtungsversuche und Bastardirungen machte und Konrad Sprengel, der mit Anknüpfung an Koelreuter's Entdeckung der Insectenhülfe zu ganz neuen, äußerst merkwürdigen Resultaten gelangte.

Joseph Gärtner machte nicht selbst neue Beobachtungen über die Sexualität, benutzte jedoch Koelreuter's Ergebnisse in der Einleitung zu seiner Carpologie 1788 dazu, die verschiedenen Arten der Fortpflanzung strenger von einander zu unterscheiden und zugleich auch seinerseits der Evolutionstheorie entgegenzutreten. Die Keimkörner oder Sporen der kryptogamischen Pflanzen, die man damals vielfach ohne genügenden Grund für wirkliche Samen hielt, stellte er diesen gerade deßhalb gegenüber, weil sie ohne Befruchtung entstehen und keimfähig sind, wogegen der Same erst durch den Pollen keimfähig gemacht werde. Die Sexualität der Kryptogamen leugnete Joseph Gärtner entschieden; denn erst ein halbes Jahrhundert später gelang es, auch auf diesem Gebiet an die Stelle vager Vermuthungen streng wissenschaftliche Nachweisungen zu setzen und im Interesse methodischer Wissenschaft war es zu Gärtner's Zeit in der That besser, die Sexualität der Kryptogamen ganz zu läugnen, als die Spaltöffnungen der Farne, wie Gleichen that, oder das Indusium der Farnkräuter mit Koelreuter oder selbst die Volva der Hutpilze für männliche Befruchtungsorgane zu halten. Den Vertheidigern der Evolutionstheorie hielt Gärtner sehr richtig die Bastarde Koelreuter's entgegen, und denen, welche in den Samen nur eine andere Form vegetativer Knospen sahen, sagte er, daß eben die Knospe ohne Befruchtung, der Samen jedoch nur durch diese zur Bildung einer neuen Pflanze befähigt werde. Welche Verdienste sich Gärtner um die Kenntniß des unreifen und reifen Samens erwarb, wurde schon in der Geschichte der Systematik mitgetheilt. Was den Vorgang der Befruchtung selbst betrifft, so adoptirte er im Wesentlichen Koelreuter's Ansicht, daß es auf die Vermischung einer männlichen und einer weiblichen Flüssigkeit ankomme, aus welcher das Keimkörperchen in der Samenknospe gewissermassen herauskrystallisire. Auch Konrad Sprengel schloß sich dieser Ansicht vollständig an, die ihn jedoch hinderte, den Befruchtungsvorgang bei den Asclepiadeen richtig aufzufassen.

In **Konrad Sprengel**[1]) begegnen wir zum dritten Mal, wie bei Camerarius und Koelreuter, einem genialen Forscher, der aber an Kühnheit des Gedankens weit über die beiden Vorgänger hinausging und deßhalb von seinen Zeitgenossen und Epigonen noch weniger als diese verstanden wurde. Konrad Sprengel's Ergebnisse waren so überraschend, paßten so gar nicht in den trockenen Schematismus der Linné'schen Botanik und noch weniger in die späteren Ansichten vom Wesen der Pflanze, daß erst Darwin die ganz vergessene Leistung Sprengel's wieder an's Licht ziehen und ihre große Bedeutung für die Descendenztheorie darthun mußte. — Hatte Camerarius zuerst bewiesen, daß Pflanzen überhaupt Sexualität besitzen, und Koelreuter gezeigt, daß auch Pflanzen verschiedener Species sich sexuell verbinden können, und fruchtbare Bastarde erzeugen, so zeigte nun Conrad Sprengel, daß eine gewisse Form der Bastardirung im Pflanzenreich allgemein vorkommt, nämlich die Kreuzung verschiedener Blüthen oder verschiedener Individuen gleicher Species mit einander. In seinem Werk: „Das neu entdeckte Geheimniß der Natur in Bau und Befruchtung der Blumen" (Berlin 1793 p. 43), sprach er den Satz aus: „Da sehr viele Blumen getrennten Geschlechtes und wahrscheinlich

[1]) Christian Conrad Sprengel, geb. 1750, war Rector in Spandau und begann erst in dieser Stellung sich mit Botanik zu beschäftigen und zwar mit solchem Eifer, daß er darüber sein Amt und selbst die Sonntagspredigt versäumte und abgesetzt wurde. Später lebte er in ärmlichen Verhältnissen in Berlin und als Sonderling sehr vereinsamt, von den Gelehrten sogar gemieden. Zu seinem Unterhalt gab er Unterricht in Sprachen und Botanik; Sonntags früh machte er Excursionen, an denen jeder gegen 2—3 Groschen pro Stunde theilnehmen konnte. Wegen Mangels an Unterstützung und Aufmunterung gab er den 2. Theil seines berühmten Werkes nicht heraus; sein Verleger hatte ihm nicht einmal ein Freiexemplar des 1. Theils gegeben. Der sehr verzeihliche Aerger über den geringen Beifall, den sein Werk fand, veranlaßte ihn, sich später ganz von der Botanik zurückzuziehen und sich mit Sprachen zu beschäftigen, bis er 1816 starb. Einer seiner Schüler widmete ihm einen sehr herzlichen Nachruf in der „Flora" 1819 p. 541, dem ich diese Angaben entlehne.

wenigstens ebensoviele Zwitterblumen Dichogamisten sind, so scheint die Natur es nicht haben zu wollen, daß irgend eine Blume durch ihren eigenen Staub befruchtet werden solle." Das war indessen nur eines der merkwürdigsten Resultate, vielleicht noch wichtiger war das Theorem, daß die ganze Gestalt und alle Eigenschaften einer Blüthe überhaupt nur aus ihren Beziehungen zu den sie besuchenden und sie bestäubenden Insecten verstanden werden könne; der erste Versuch, die Entstehung organischer Formen aus bestimmten Beziehungen zu ihrer Umgebung zu erklären. Seit Darwin diesen Gedanken durch die Selectionstheorie neu belebt hat, ist er zugleich eine der wesentlichsten Stützen dieser letzteren geworden.

Es ist anziehend zu lesen, wie der sinnige Mann aus anscheinend ganz unbedeutenden, für Jedermann offen daliegenden Structurverhältnissen der Blüthen zuerst auf Gedanken kam, die ihn im Verfolg weniger Jahre zu so weittragenden Ergebnissen führen sollten. „Als ich im Sommer 1787, sagt Sprengel, die Blumen des Waldstorchschnabels (Geranium silvaticum) aufmerksam betrachtete, so fand ich, daß der unterste Theil ihrer Kronenblätter auf der inneren Seite und an den beiden Rändern mit feinen und rauhen Haaren versehen war. Ueberzeugt, daß der weise Urheber der Natur auch nicht ein einziges Härchen ohne eine gewisse Absicht hervorgebracht hat, dachte ich darüber nach, wozu denn wohl diese Haare dienen möchten. Und hier fiel mir bald ein, daß, wenn man voraussetze, daß die fünf Safttröpfchen, welche von eben so vielen Drüsen abgesondert werden, gewissen Insecten zur Nahrung bestimmt seien, man es zugleich nicht unwahrscheinlich finden müßte, daß dafür gesorgt sei, daß dieser Saft nicht vom Regen verdorben werde und daß zur Erreichung dieser Absicht diese Haare hier angebracht seien. Da die Blume aufrecht steht und ziemlich groß ist, so müssen, wenn es regnet, Regentropfen in dieselbe hineinfallen. Es kann aber keiner von den hineingefallenen Regentropfen zu einem Safttröpfchen gelangen und sich mit demselben vermischen, indem er von den Haaren, welche sich über den Safttröpfchen befinden, aufgehalten

wird, sowie ein Schweißtropfen, welcher von der Stirn des Menschen herabgeflossen ist, von den Augenbrauen und Augenwimpern aufgehalten und verhindert wird, in das Auge hineinzufließen. Ein Insect wird durch diese Haare keineswegs verhindert, zu den Safttröpfchen zu gelangen. Ich untersuchte hierauf andere Blumen und fand, daß verschiedene von denselben Etwas in ihrer Struktur hatten, welches zu eben diesem Endzweck zu dienen schien. Je länger ich diese Untersuchung fortsetzte, desto mehr sah ich ein, daß diejenigen Blumen, welche Saft enthalten, so eingerichtet sind, daß zwar die Insecten sehr leicht zu demselben gelangen können, der Regen aber ihn nicht verderben kann; sich schloß aber hieraus, daß der Saft dieser Blumen, wenigstens zunächst um der Insecten Willen abgesondert werde, und damit sie denselben rein und unverdorben genießen können, gegen den Regen gesichert sei." Im folgenden Jahr fand er, veranlaßt durch die Blüthen des Vergißmeinnicht (Myosotis palustris), daß verschiedenfarbige Flecken auf den Blumenkronen in ihrer Lage gewisse Beziehungen zu dem Ort der Saftabsonderung darbieten und mit derselben schlagfertigen Logik wie oben folgerte er nun weiter: „Wenn die Krone der Insecten wegen an einer besonderen Stelle besonders gefärbt ist, so ist sie überhaupt der Insecten wegen gefärbt; und wenn jene besondere Farbe eines Theils der Krone dazu dient, daß ein Insect, welches sich auf die Blume gesetzt hat, den rechten Weg zum Saft leicht finden könne, so dient die Farbe der Krone dazu, daß die mit einer solchen Krone versehenen Blumen den ihrer Nahrung wegen in der Luft umherschwärmenden Insecten als Saftbehältnisse schon von weitem in die Augen fallen."

Später fand er, daß die Narben einer Iris-Art schlechterdings nicht anders befruchtet werden können, als durch Insekten und seine weiteren Untersuchungen überzeugten ihn immer mehr, „daß viele, ja vielleicht alle Blumen, welche Saft haben, von den Insekten, die sich von diesem Saft ernähren, befruchtet werden, und daß folglich diese Ernährung der Insekten zwar in Ansehung ihrer selbst Endzweck, in Ansehung der Blumen aber nur ein Mittel, und zwar das

einzige Mittel, zu einem gewissen Endzweck ist, welcher in ihrer Befruchtung besteht, und daß die ganze Structur solcher Blumen sich erklären läßt, wenn man bei Untersuchung derselben folgende Puncte vor Augen hat: 1) die Blumen sollen durch diese oder jene Art von Insekten oder durch mehrere Arten derselben befruchtet werden; 2) dieses soll also geschehen, daß die Insekten, indem sie dem Saft der Blumen nachgehen und deßwegen sich entweder auf den Blumen auf eine unbestimmte Art aufhalten oder auf eine bestimmte Art entweder in dieselben hineinkriechen, oder auf denselben im Kreise herumlaufen, nothwendig mit ihrem mehrentheils haarigen Körper oder nur mit einem Theil desselben den Staub der Antheren abstreifen und denselben auf das Stigma bringen, welches zu dem Ende entweder mit kurzen und feinen Haaren besetzt, oder mit einer klebrigen Feuchtigkeit benetzt ist."

Im Sommer 1790 entdeckte er die Dichogamie, die er zuerst an dem Weidenröschen (Epilobium angustifolium) wahrnahm. Er fand, „daß diese Zwitterblume von Hummeln und Bienen befruchtet wird, aber nicht ein jedes Individuum vermittelst seines eigenen Staubes, sondern die älteren Blumen vermittelst desjenigen Staubes, welchen diese Insekten aus den jüngeren Blumen in dieselben schleppen." Nachdem er ein ähnliches Verhalten bei Nigella arvensis kennen gelernt hatte, fand er später bei der gemeinen Wolfsmilch gerade das entgegengesetzte Verhalten, daß nämlich die Narben mittelst der Insekten nur den Pollen von älteren Blüthen empfangen können.

„Auf diese sechs, in fünf Jahren gemachten Hauptentdeckungen, fährt er fort, gründe sich seine Theorie der Blumen", welche er nun im Folgenden ausführlich entwickelt, indem er zunächst die saftabscheidenden Drüsen (Nektarien), die Safthalter, die Saftdecken, ferner die Veranstaltungen, durch welche die Insekten den Saft der Blumen leicht finden können, auseinandersetzt. Nachdem er auf Koelreuter's gute Beobachtungen über die Befruchtung der Saftblumen durch Insekten hingewiesen, hebt er hervor, noch Niemand habe gezeigt, daß die ganze Struk-

tur der Saftblumen auf diesen Endzweck abzielt und sich aus demselben vollständig erklären läßt. Den Hauptbeweis für diesen wichtigen Satz findet er in der Dichogamie.

„Nachdem, sagt er (bei den Dichogamisten), die Blume sich geöffnet hat, so haben oder erhalten die Filamente entweder alle zugleich oder eines nach dem andern eine bestimmte Stellung, in welcher ihre Antheren sich öffnen und ihren Staub zur Befruchtung darbieten. Unterdessen aber befindet sich das Stigma an einer von den Antheren entfernten Stelle und ist noch klein und fest geschlossen.' Es kann also der Staub der Antheren schlechterdings weder auf eine mechanische Art, noch durch ein Insekt auf das Stigma gebracht werden, weil es noch nicht existirt. Dieser Zustand währt eine bestimmte Zeit. Wenn nach Verfließung derselben die Antheren keinen Staub mehr haben, so gehen mit den Filamenten verschiedene Veränderungen vor, deren Resultat dieses ist, daß die Antheren nicht mehr die Stellung einnehmen, die sie vorher eingenommen hatten. Unterdessen hat sich das Pistill so verändert, daß nun das Stigma gerade an der Stelle sich befindet, wo vorher die Antheren waren, und da es sich nun auch öffnet, oder die Theile, aus denen es besteht, von einander breitet, nun öfters ungefähr denselben Raum einnimmt, welchen vorher die Antheren eingenommen haben. Nun ist aber diejenige Stelle wo anfänglich die blühenden Antheren und hernach das blühende Stigma sich befinden, in jeder Blume so gewählt, daß das Insekt, für welches die Blume bestimmt ist, nicht anders zum Saft gelangen kann, als daß es zugleich mit einem Theil seines Körpers in der jungen Blume die Antheren und in der älteren das Stigma berührt, den Staub von jenen abstreift und auf dieses bringt und auf solche Art der Staub der jüngeren Blume die ältere befruchtet." Es wurde schon erwähnt, daß Sprengel nicht nur diese, sondern auch die entgegengesetzte Form der Dichogamie kannte und im Anschluß an diese Auseinandersetzung hebt er hervor, daß manche Blumen nur mit Hülfe der Insekten befruchtet werden können, daß in

manchen Fällen sogar Blütheneinrichtungen vorhanden sind, durch welche die helfenden Insekten selbst beschädigt und zu Tode gemartert werden. „Alle Blumen, heißt es weiterhin, welche keine eigentliche Krone, noch an der Stelle derselben einen ansehnlichen Kelch haben — — sind saftleer und werden nicht von den Insekten, sondern auf eine mechanische Art, nämlich durch den Wind befruchtet, welcher entweder den Staub von den Antheren ab und an die Stigmata anweht, oder dadurch, daß er die Pflanze oder die Blume schüttelt, verursacht, daß der Staub von den Antheren herab und auf die Stigmata fällt." Er weist auch darauf hin, daß solche Blumen immer sehr viel Pollen erzeugen, und daß dieser leicht beweglich, bei den Saftblumen dagegen schwer beweglich ist. Und nun entwickelt er weiter, wie nach seinen Principien alle physiologischen Eigenschaften, Stellung, Größe, Farbe, Geruch, Form, Blüthezeit u. s. w. der Blumen verstanden werden können.

Sprengel war davon ausgegangen, daß der Nektar der Blumen und gewisse Einrichtungen der letzteren ausdrücklich dazu erschaffen worden sind, um den Insecten zu dienen; der Verfolg seiner Untersuchungen führte ihn aber schließlich zu dem Resultat, daß die Insekten selbst dazu dienen, nicht nur die Bestäubung überhaupt zu vermitteln, sondern zu bewirken, daß bei der Befruchtung für gewöhnlich eine Kreuzung zwischen verschiedenen Blüthen einer Pflanze oder zwischen Pflanzen einer Species stattfindet. Es blieb nun eine Frage, die gerade von dem streng teleologischen Standpunct Sprengel's aus noch der Beantwortung bedurfte, die Frage nämlich, welchen Zweck diese Kreuzung der Blüthen oder Individuen haben könne. Sprengel begnügte sich, wie schon hervorgehoben, die Thatsache einfach auszusprechen, indem er sagte, die Natur scheine es nicht haben zu wollen, daß irgend eine Blume durch ihren eigenen Staub befruchtet werde. Wer möchte dem Entdecker so merkwürdiger und umfassender Naturerscheinungen einen Vorwurf daraus machen, daß er nicht auch diese letzte Frage beantwortete und die von ihm geschaffene Lehre ihrem letzten Abschluß entgegenführte? Zumal in diesem

Fall, wo nur zahlreiche Experimente weiterhelfen konnten und wo noch langjährige Arbeit erforderlich gewesen wäre. Weder die äußere Lebensstellung Konrad Sprengel's, noch der Erfolg seines genialen Werkes konnte ihn, auch wenn er es gewollt hätte, ermuntern, diese letzte und schwierigste Aufgabe, selbst zu lösen. Die Botaniker waren gerade in jener Zeit und später ganz in Anschauungen befangen, die derartige biologische und physiologische Thatsachen des Pflanzenlebens unbeachtet bei Seite liegen ließen, und zudem waren Sprengels Ergebnisse dem Dogma von der Constanz der Arten keineswegs günstig; vom Standpunct desselben betrachtet, mußten die wunderbaren Beziehungen zwischen der Organisation der Blüthen und der der Insecten geradezu abgeschmackt und abstoßend erscheinen; minder begabten Naturen aber ist es in solchen Fällen eigen, lieber die Thatsachen zu leugnen oder sie unbeachtet zu lassen, als die eigene liebgewordene Meinung zu opfern; so erklärt sich leicht die Nichtbeachtung, auf welche Sprengel's Werk überall stieß. Dazu kam aber, daß trotz der Arbeiten eines Camerarius und Koelreuter auch am Anfang unseres Jahrhunderts die Sexualität der Pflanzen überhaupt sehr Vielen noch zweifelhaft schien. Selbst nachdem Knight und William Herbert die von Sprengel offen gelassene Frage richtig erfaßt und experimentelle Ergebnisse zu ihrer Beantwortung gewonnen hatten, konnte die neue Lehre sich doch nicht Bahn brechen. Auf die frühere naive, aber consequente Teleologie in der Behandlung physiologischer Fragen folgte später eine entschiedene Verwerfung aller teleologischen Erklärungen, die jedenfalls das Ihrige dazu beitrug, Sprengel's Ergebnisse unbequem erscheinen zu lassen, insofern gerade sie anscheinend nur teleologische Erklärungen zuließen. Man war vor 1860 derartigen Naturerscheinungen gegenüber in eine Lage gerathen, die sozusagen gar keinen Standpunct der Beurtheilung zuließ; man schämte sich vom teleologischen Standpunct aus mit Konrad Sprengel zu glauben, daß jede noch so unscheinbare Einrichtung der Organismen das wohlüberlegte Werk eines Schöpfers sei; etwas Besseres aber hatte man nicht an die Stelle zu setzen und so blieben

Sprengel's Entdeckungen unverstanden und unbeachtet liegen, bis Darwin am Ende der fünfziger Jahre ihre ganze große Bedeutung erkannte, dem teleologischen Princip das der Descendenz und Selection entgegenstellte und so in der Lage war, Sprengel's Entdeckungen nicht nur in naturwissenschaftlicher Weise verständlich erscheinen zu lassen, sondern dieselben als eine der wichtigsten Stützen der Selectionstheorie zu benutzen. Jetzt konnte auch erst gewürdigt werden, was bald nach Sprengel durch Knight und später durch Herbert und C. F. Gärtner zum weiteren Ausbau von Sprengel's Lehre geschah, denn auch das, was diese zu Tage förderten, blieb einstweilen unbeachtet. Schon wenige Jahre nach Sprengel's Werk hatte Andrew Knight[1]), auf vergleichende Selbstbestäubungs- und Kreuzungsversuche an Pisum gestützt, den Satz aufgestellt, daß keine Pflanze eine unbegrenzte Zahl von Generationen hindurch sich selbst befruchte; 1837 faßte Herbert das Ergebniß seiner zahlreichen Befruchtungsversuche in dem Satz zusammen: „Er sei geneigt zu glauben, daß er ein besseres Resultat erlangte, wenn er die Blüthe, von der er Samen zu erlangen wünschte, mit Pollen von einem anderen Individuum derselben Varietät oder wenigstens von einer anderen Blüthe, als wenn er sie mit ihrem eigenen Pollen befruchtete;" ein Ergebniß zu welchem auch C. F. Gärtner durch Befruchtungsversuche mit Passiflora, Lobelia und Fuchsia-Arten 1844 gelangte. In diesen Wahrnehmungen lag der erste Keim zu der Beantwortung der von Sprengel offen gelassenen Frage, warum die meisten Blüthen so eingerichtet sind, daß nur durch Kreuzung verschiedener Blüthen oder Pflanzen derselben Art eine Befruchtung vollzogen werden kann; die künstlichen Kreuzungen dieser Art, welche Knight, Herbert und Gärtner mit der Selbstbestäubung einzelner Blüthen verglichen, zeigten, daß die Kreuzung eine vollständigere und kräftigere Befruchtung erzielt, als die Selbstbestäubung. Sie legten also den Gedanken nahe, daß die von Sprengel entdeckten Blütheneinrichtungen sammt der In-

[1]) Diese Angaben nach Herrmann Müllers: Befruchtung der Blumen durch Insekten (Leipzig 1873 p. 5).

sektenhülfe den Nutzen gewähren, eine möglichst kräftige und zahlreiche Nachkommenschaft zu erzielen. Auch diesen Gedanken faßte zuerst Darwin schärfer in's Auge, um ihn seiner Selectionstheorie dienstbar zu machen, indem er zugleich seit 1857 bis in die sechziger Jahre hinein durch sehr zahlreiche Experimente ihn weiter stützte.

6.

Neue Gegner der Sexualität und ihre Widerlegung durch Experimente.

1785—1849.

Wenn man die Schriften von Camerarius und Koelreuter sorgfältig gelesen hat, so scheint es fast unmöglich, daß später noch Zweifel, nicht an den Modalitäten der Befruchtungsvorgänge, sondern an der Sexualität selbst erhoben werden konnten. Und doch geschah dieß im Laufe der nächsten 40—60 Jahre wiederholt von verschiedenen Seiten und mit dem größten Nachdruck und zwar nicht etwa in Folge einer erhöhten Genauigkeit der experimentellen Untersuchung oder etwaiger Widersprüche, welche man den Begründern der Sexualtheorie hätte nachweisen können, sondern vielmehr deßhalb, weil eine Reihe von Beobachtern ihre Experimente ungeschickt anstellten und widersprechende Resultate erhielten, ihre Versuchspflanzen nicht genau genug beobachteten, oder überhaupt, weil ihnen die nöthige Uebung und Umsicht in solchen Dingen fehlte. So war es vor Allem bei Spallanzani und später bei Bernhardi, Girou de Bouzareingue und Ramisch. Viel schlimmer aber sah es aus bei Schelver, seinem Schüler Henschel und ihren Anhängern. Bei ihnen waren es vorgefaßte Meinungen, aus der Naturphilosophie abgeleitete Folgerungen, durch welche sie sich berechtigt glaubten, experimentell festgestellte Thatsachen zu leugnen. Die geradezu zerstörende Wirkung, welche die Naturphilosophie am Anfang unseres Jahrhunderts auf die Verstandeskräfte sehr Vieler ausübte, sprach sich ganz besonders darin aus, daß sie nicht mehr im Stande waren, den Erfolg einfacher Experimente zu

würdigen, die Erscheinungen der Natur auf das Schema von Ursache und Wirkung zurückzuführen. Wie einst Linné die Sexualität der Pflanzen philosophisch mit ganz nebensächlicher Beachtung des experimentellen Verfahrens geglaubt hatte, beweisen zu können, so fand sich jetzt in Schelver ein Naturphilosoph, welcher umgekehrt aus philosophischen Gründen die Unmöglichkeit der Sexualität bei Pflanzen darthun wollte. Wie Linné dieselbe aus dem Wesen oder Begriff der Pflanze folgerte, so glaubte Schelver sie aus dem Wesen oder Begriff der Pflanze negiren zu müssen; logisch genommen hatte der Eine soviel Recht, wie der Andere, denn die Frage selbst konnte eben nicht auf diesem Wege, sondern nur durch Experimente erledigt werden. Indessen hielten es doch auch unsere Naturphilosophen für zweckmäßig, ihren Theorieen eine empirische Stütze zu geben und diese fanden sie in den Experimenten Spallanzanis.[1]) Dieser hatte 1786 unter dem Titel Experiences pour servir à l'histoire de la génération des animaux et des plantes (Genf 1786) außer seinen Versuchen über die Befruchtung der Thiere auch solche über die der Pflanzen publicirt, von denen uns hier natürlich ausschließlich die letzteren interessiren, bei deren Beschreibung aber eine sehr mangelhafte Literaturkenntniß des Autors sich verräth, wie schon daraus hervorgeht, daß er Caesalpin zu denen rechnet, welche die Sexualität der Pflanzen angenommen hätten. Seine Versuche selbst zeugen von einer sehr geringen Kenntniß der biologischen Voraussetzungen, nach denen sich die Kultur der Versuchspflanzen zu richten hat, überhaupt geringe botanische Einsicht, wie sie Dilettanten eigen zu

[1]) Lazaro Spallanzani, geboren 1799 zu Scandiano in Modena, gest. zu Pavia 1799, wo er lange als Professor der Naturgeschichte wirkte. Seine Untersuchungen betrafen die verschiedensten Fragen der Naturwissenschaften vorwiegend aber solche der Thierphysiologie, die er aber, wie es scheint, mit derselben Hast bearbeitete, wie sie in seinen Versuchen über die Sexualität der Pflanzen hervortritt. Ein längerer Artikel in der Biographie universelle anc. et mod. giebt ausführliche Nachricht über seine wissenschaftliche Thätigkeit.

sein pflegt, welche ohne hinlängliche Vorbereitung sich plötzlich mit dieser oder jener Frage der Pflanzenphysiologie beschäftigen; die Darstellung Spallanzani's ist flüchtig, die Kritik Anderer rechthaberisch und bissig, ohne dem Leser das Gefühl des Zutrauens zu seiner eigenen Geschicklichkeit und Urtheilsfähigkeit zu erwecken. Seine oft mit Hast und wenig Ueberlegung unternommenen Vegetationsversuche führte er zum Theil an Pflanzen aus, die wie z. B. Günster, Bohnen, Erbsen, Rettig, Basilicum, Delphinium gerade für derartige Untersuchungen ungeeignet sind. So kann denn auch das Resultat nicht überraschen, daß er bei einigen, wie Mercurialis und Basilicum die Nothwendigkeit der Einwirkung des Pollens zur Bildung keimfähiger Samen konstatirte, während andere Pflanzen, wie der Kürbiß, die Wassermelone, der Hanf und Spinat auch ohne Befruchtung dasselbe leisten sollen. Schon sein größerer Landsmann Volta, der Spallanzani's Experimente wiederholte, bestritt dieses Resultat.

So waren die Versuche beschaffen, auf welche sich Franz Joseph Schelver, Professor der Medicin in Heidelberg, in seiner „Kritik der Lehre von dem Geschlecht der Pflanzen“ 1812 berief. Es ist nicht nöthig, ausführlich auf dieses wunderliche Product eines irre geleiteten Verstandes näher einzugehen, wenn auch immerhin bis in die zwanziger Jahre hinein eine beträchtliche Zahl deutscher Botaniker den Unsinn für tiefe Weisheit nahm. Die Untersuchungen des Camerarius erledigte Schelver mit vier Zeilen; als den wichtigsten Autor aber empfahl er Spallanzani, während Koelreuter hochmüthig abgefertigt wurde. Die Erfahrungen dieser Männer, sagte er, sind richtig, aber die Befruchtung beweisen sie nicht. Ihm kommt es vielmehr darauf an, die Frage aus der Natur des vegetativen Lebens zu entscheiden; aus dieser von ihm selbst construirten Natur aber folgert er, daß die Pflanzenorgane überhaupt keinen Nutzen haben, daß sie noch nicht den Trieb haben können, einander zu nutzen und in Gemeinschaft das Leben fortzuzeugen, weil dieses eine Ziel des Wirkens nur da lebendig werden kann, wo alle

Theile zugleich vorhanden sind, womit denn natürlich auch die befruchtende Wirkung des Pollens wegfällt; dem entsprechend führt er die die Samenbildung hervorrufende Einwirkung einer männlichen Pflanze auf eine benachbarte weibliche nicht etwa auf die Bestäubung durch jene zurück, sondern die „Nähe" selbst ist es, welche befruchtend wirkt. Das sind jedoch nur unbedeutende Proben seiner Logik.

Noch viel schlimmer aber sieht es in den Schriften seines Schülers Henschel[1]), zumal in dessen umfangreichem Buch, „von der Sexualität der Pflanzen" 1820 aus. Er glaubte die naturphilosophischen Lehren durch zahllose Versuche beweisen zu müssen; die Art und Weise jedoch, wie diese letzteren ausgedacht, eingeleitet und beschrieben sind, läßt Alles weit hinter sich, was an Geschmacklosigkeit und Urtheilsunfähigkeit jemals geleistet worden ist. Es bedarf nicht einmal der Zweifel, welche Einem gelegentlich betreffs der Genauigkeit seiner Berichte aufsteigen und der dießbezüglichen Bemerkungen bei Treviranus und Gärtner, um uns die Bestrebungen dieses Mannes zu verleiden.

Es wäre überflüssig auf den Inhalt dieses Buchs einzugehen, welches mehr ein pathologisches als historisches Interesse darbietet; in welchem Grade aber bis in die zwanziger Jahre hinein auch bei Besseren die Fähigkeit, in solchen Dingen zu urtheilen, durch den Einfluß der Naturphilosophie verdorben war, wie selbst namhafte Forscher es der Mühe werth fanden, die Producte Schelver's und Henschel's mit einem gewissen Respect zu behandeln, davon giebt unter Anderem eine Briefsammlung, welche Nees von Esenbeck als zweite Beilage, zur Regensberger „Flora" 1821 publicirte, Auskunft; nicht minder aber auch die späteren Bemerkungen Goethe's zur Metamorphose der Pflanzen, die man namentlich unter dem Titel „Verstäubung, Verdunstung, Vertropfung" in der Cotta'schen Ausgabe in vierzig Bänden Bd. 36 p. 134 findet. Indessen fanden sich doch Einzelne, welche dem Unwesen scharf entgegentraten; so namentlich Paula Schrank

[1]) August Henschel war praktischer Arzt und Privatdocent in Breslau.

(Flora 1822 p. 49) und C. L. Treviranus, der 1822 eine umfassende Widerlegung Henschel's: „die Lehre von dem Geschlecht der Pflanzen in Bezug auf die neuesten Angriffe erwogen" herausgab. Dagegen fanden sich einzelne Nachzügler jener krankhaften philosophischen Richtung auch später noch; so z. B. J. B. Wilbrand, Professor in Gießen, welcher noch 1830 (Flora p. 585) in sehr subtiler Unterscheidung annahm, daß bei den Pflanzen zwar etwas der thierischen Sexualität „Analoges", aber keineswegs wirkliche Sexualität stattfinde. In dieser ganzen naturphilosophischen Literatur spricht sich die Unfähigkeit aus, Experimente einfach mit gesundem Menschenverstand zu beurtheilen; überall wird in den Erfolg der Versuche Etwas hineingedichtet, was nicht in der entferntesten Beziehung zu den Bedingungen und Ergebnissen derselben steht.

Ganz anders verhielt es sich dagegen mit den von Bernhardi 1811, von Girou 1828–30, und von Ramisch 1837 ausgesprochenen Zweifeln. Sie machten Versuche und beurtheilten sie im Sinne naturwissenschaftlicher Forschung; nur waren sie weder mit den nöthigen Kenntnissen eingeleitet, noch mit ausreichenden Vorsichtsmaßregeln durchgeführt; auch fehlte es diesen Männern an genügender Literaturkenntniß. Schon im vorigen Jahrhundert, ja selbst schon von Camerarius und Ray war auf das gelegentliche Vorkommen männlicher Blüthen an weiblichen Pflanzen von Spinat, Hanf, Mercurialis hingewiesen worden und doch experimentirten die Genannten gerade wieder mit diesen, ohne das etwaige Auftreten männlicher Blüthen an den weiblichen Versuchspflanzen oder andere Bestäubungsgelegenheiten sorgfältig genug auszuschließen.

So regten sich noch bis tief in die dreißiger Jahre hinein Zweifel an der Sexualität der Pflanzen überhaupt oder doch an ihrer allgemeinen Giltigkeit bei den Phanerogamen; denn von den Kryptogamen war zunächst keine Rede, sie galten trotz mancher werthvollen Wahrnehmungen früherer Zeit für geschlechtslos. Uebrigens wurde von der großen Mehrzahl der Botaniker an der sexuellen Bedeutung der Blüthenorgane nicht

gezweifelt. Die Meisten verließen sich guten Glaubens auf Linné's Autorität und Manche wußten sogar die experimentellen Beweise des Camerarius, Bradley, Logan, Gleditsch und Koelreuter zu schätzen. Wer aber im Lauf der zwanziger und dreißiger Jahre die Sache ernst nahm, dem mußte allerdings eine nochmalige umfassende Aufnahme der Frage nach der Sexualität der Pflanzen erwünscht sein. Schon 1819 hatte es die Berliner Akademie der Wissenschaften auf Link's Vorschlag durch Stellung einer Preisfrage: „Giebt es eine Bastardbefruchtung im Pflanzenreich", versucht, neue Untersuchungen über den Kern der Sexualitätsfrage anzuregen. Die einzige, erst 1828 eingelaufene Antwort von Wiegmann entsprach jedoch den Anforderungen nicht, und wurde nur mit dem halben Preis belohnt. Glücklicher war in dieser Beziehung später die holländische Akademie zu Haarlem, welche auf Reinwardt's Veranlassung 1830 die Frage etwas verändert und mit ihrer praktischen Beziehung auf Pflanzenkultur ausschrieb. Hier trat als Preisbewerber **Carl Friedrich Gärtner** [1]) auf, dessen Schrift durch Nebenumstände verspätet 1837 den Ehrenpreis und eine außerodentliche Prämie erhielt. C. F. Gärtner hatte schon seit 1826 die Resultate seiner Bastardirungsversuche in verschiedenen Zeitschriften publicirt. Seine gesammten, aus fünfundzwanzigjährigen experimentellen Untersuchungen gezogenen Resultate publicirte er jedoch erst 1849 in

[1]) Carl Friedrich Gärtner, der Sohn Joseph Gärtner's, geb. 1772, gest. 1850 zu Calw. Als Lehrling in die Hofapotheke zu Stuttgart eingetreten, besuchte er naturwissenschaftliche Vorlesungen in der Carlsakademie; um sich medicinischen Studien zu widmen ging er nach Jena, 1795 aber nach Göttingen, wo er auch Lichtenberg hörte. Noch in demselben Jahre kehrte er nach der Heimath zurück, wo er 1796 promovirte, um sich als Arzt in Calw niederzulassen. Hier beschäftigte er sich anfangs mit Fragen der menschlichen Physiologie, bearbeitete aber dann den Supplementsband zu seines Vaters Carpologia. Er sammelte Notizen und Excerpte zu einem umfassenden Werk über Pflanzenphysiologie; aus diesem, übrigens nicht zur Ausführung gelangten Plane, entsprang auch die Bearbeitung der Sexualtheorie, der er sich 25 Jahre lang widmete. (Jahresheft des Vereins für vaterl. Naturkunde in Württemberg 1852 Bd. VIII. p. 16.)

einem umfangreichen Band: „Versuche und Beobachtungen über die Bastardzeugung" (Stuttgart 1849). Gewissermaßen als Einleitung zu diesem Werk hatte er aber schon 1844 ein ebenso umfangreiches Buch: „Versuche und Beobachtungen über die Befruchtungsorgane der vollkommeneren Gewächse und über die natürliche und künstliche Befruchtung durch den eigenen Pollen" herausgegeben. Beide Werke zusammen sind das Gründlichste und umfassendste, was bisher über die experimentelle Untersuchung der Sexualitätsverhältnisse der Pflanzen geschrieben worden ist. Sie bilden einen glänzenden Abschluß der nach Koelreuter mit Zweifeln an der Sexualität der Pflanze beginnenden Periode, einen Abschluß, der in dieselben Jahre fällt, wo bereits eine lebhafte Polemik zwischen Schleiden und Schacht einerseits, Hofmeister andererseits, über die Vorgänge bei der Embryobildung durch mikroskopische Untersuchungen geführt wurde.

Gärtner's Werke finden ihre Bedeutung weniger in neuen überraschenden Entdeckungen oder in glänzenden Ideen und unerwarteten Combinationen, als vielmehr in der gründlichsten Untersuchung aller derjenigen Umstände und Verhältniße, welche bei der sexuellen Fortpflanzung der Phanerogamen überhaupt in Betracht kommen können. Seine Bastardirungsversuche, über welche er die genauesten Journale führte, überschritten die Zahl von 9000; bei diesen sowohl wie bei der normalen Bestäubung studirte Gärtner alle Fehlerquellen, welche auf die Experimente irgendwie Einfluß nehmen können, zog er alle in der Entwicklung der Pflanze selbst und in den äußeren Verhältnissen liegenden Bedingungen der Befruchtung sorgfältig in Betracht und ebenso unterwarf er die gesammte Literatur dieser Fragen einer so eingehenden Kritik, daß jeder von früheren Schriftstellern angegebene Versuch seine kritische, auf die umfassensten eigenen Erfahrungen gestützte Erledigung fand. Das Werk über die Wirkung des eigenen Pollens 1844 enthält die vollständigste Biologie und Physiologie der Blüthen. Es werden dort, überall auf eigene und zum Theil ganz neue Beobachtungen gestützt, sämmtliche Lebenserscheinungen der sich entfaltenden Blüthe und ihre

Beziehungen zur Befruchtung beschrieben; das Verhältniß des Kelches, der Blumenkrone, der Nektarabsonderung, des Oeffnens der Antheren, die Selbsterwärmung der Blüthen, die physiologischen Vorgänge am Fruchtknoten, den Griffeln und der Narbe speciell untersucht; alles bis dahin Bekannte über die Reizbarkeit und Bewegungserscheinungen an der Blume und den Befruchtungsorganen zusammengestellt und durch neue Beobachtungen erläutert und so von dem Leben der Blüthe ein reichhaltiges, bis in's kleinste Detail ausgeführtes Bild entworfen, wie wir es von keinem anderen Organ der Pflanze bisher besitzen; es wäre vergeblich, in Kürze von der Reichhaltigkeit dieser Beobachtungen eine klare Vorstellung geben zu wollen. Indeß waren dies mehr die Präliminarien für die Hauptsache, den Nachweis, daß die Entdeckung des Camerarius richtig, daß trotz aller mehr als hundertjährigen Einwendungen die Mitwirkung des Pollens zur Embryobildung in den heranwachsenden Samen unentbehrlich sei, daß also die Pflanzen eine Sexualität, ganz in dem Sinn wie die Thiere besitzen. Auch begnügte sich Gärtner nicht, eine beliebige Zahl neuer Befruchtungsversuche zu machen; vielmehr wurden die Einwendungen Spallanzani's, Schelver's, Henschel's, Girou's u. A. ausführlich und mit speciellster Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Umstände durch neue Experimente und sonstige Erfahrungen widerlegt, die Ungenauigkeit der Beobachtungen der Gegner der Sexualität Punct für Punct schlagend dargethan, und schließlich noch auf eine Reihe merkwürdiger Erscheinungen hingewiesen, welche auch an dem unbefruchteten Fruchtknoten eintreten und die Umstände namhaft gemacht, unter denen bei scheinbar verhinderter Bestäubung dennoch Zutritt von Pollen stattfinden kann. Diese Untersuchungen konstatirten abermals die Existenz der vegetabilischen Sexualität und zwar so, daß seitdem kein Widerspruch gegen dieselbe mehr erhoben werden konnte. Selbst als später um 1860 Erscheinungen bekannt wurden, welche die Vermuthung nahe legten, daß unter Umständen bei gewissen Individuen einiger Pflanzenarten die weiblichen Organe auch ohne Mit-

hilfe der männlichen entwicklungsfähige Embryonen erzeugen können, konnte es sich nicht etwa mehr darum handeln, in diesen als Parthenogenesis bezeichneten Vorkommnissen Beweise gegen die allgemeine Sexualität zu finden; vielmehr konnte es nur darauf ankommen, derartige Vorkommnisse zunächst bezüglich der Thatsache selbst genau zu prüfen und die Fragen so zurecht zu legen, daß sie neben der bestehenden Sexualität noch einen vernünftigen Sinn behielten, ähnlich wie dieß auch bei den entsprechenden Erscheinungen im Thierreich nöthig war.

Dem umfassenden Werke Gärtners über die Bastardbefruchtung waren bereits einige andere Untersuchungen über dasselbe Thema vorausgegangen: die schon erwähnten Knight's am Anfang des Jahrhunderts und die ausführlicheren von William Herbert, in dessen Werk über die Amaryllideen 1837. Gärtner unterließ nicht, seine eigenen Untersuchungen überall mit den Ergebnissen seiner Vorgänger, ganz besonders aber mit denen Koelreuter's zu vergleichen und aus dem ganzen erstaunlich großen Beobachtungsmaterial eine Reihe von allgemeinen Sätzen über die Bedingungen, unter denen Bastardirung überhaupt möglich ist und über den Erfolg der Kreuzung, sowie über die Ursachen des Mißerfolges zu ziehen. Von ganz besonderem Interesse waren seine vermischten und zusammengesetzten Bastarde, die Versuche über die verschiedenen Gradationen des Einflusses, den fremder Pollen auf das Verhalten der weiblichen Organe ausübt, die Beziehung zu der Varietätenbildung. Es ist auch hier ganz unmöglich, die Resultate Gärtner's bestimmter zu verzeichnen, ohne uns geradezu in sachliche Diskussionen einzulassen, welche weit über ein historisches Referat hinausgehen würden. Es ist dies auch um so weniger nöthig, als Nägeli 1865 es unternommen hat, aus der ganzen Fülle des von Koelreuter, William Herbert und Gärtner gelieferten Materials eine Reihe von Sätzen abzuleiten, welche in mehr übersichtlicher Form alle wesentlichen Ergebnisse zusammenfassen.[1])

[1]) In Kürze sind dieselben referirt in meinem Lehrbuch der Botanik, Leipzig 1868—74.

Gärtner's Bastardirungen wurden an demselben Orte, wo Koelreuter die seinigen in den Jahren 1762 und 1763 gemacht hatte, nämlich zu Calw in Württemberg ausgeführt. So waren es also zwei kleine Städte Württembergs, in welchen die Sexualtheorie von den drei hervorragensten Experimentatoren begründet und soweit es sich durch Experimente thun läßt, zum Abschluß geführt worden ist. Camerarius in Tübingen, Koelreuter und C. F. Gärtner in Calw hatten allein zur experimentellen Begründung der Sexualtheorie soviel beigetragen, daß alles Uebrige, was Andere in dieser Richtung gethan haben, fast als Nebensache erscheinen müßte, wenn es sich ausschließlich um künstliche Bestäubung handelte. Wie dagegen die Bestäubung in der freien Natur gewöhnlich vermittelt wird, das hatte Koelreuter zwar unvollkommen erkannt, aber erst Konrad Sprengel in allen wichtigeren Beziehungen durchschaut, und es darf hier nicht verschwiegen werden, daß Gärtner die ergiebigste Quelle neuer großartiger Resultate unbenutzt ließ, indem er Konrad Sprengel's merkwürdige Ergebnisse einer ernsten Beachtung nicht für werth hielt; seine fleißige Behandlung der Nektarabsonderung, der Reizbarkeit der Befruchtungsorgane und seine zahlreichen Wahrnehmungen über sonstige biologische Verhältnisse der Blüthen würden erst dann ihren natürlichen Abschluß gefunden haben, wenn er sie mit Sprengel's allgemeinen Sätzen über die Beziehung des Blüthenbaues zur Insectenwelt überall verknüpft hätte. Das unterließ Gärtner vollständig und so blieb es auch hier wieder der wunderbaren Combinationsgabe Darwin's vorbehalten, die Summe aus den Ergebnissen einer hundertjährigen Forschung zu ziehen und die Resultate Koelreuter's, Knight's, Herbert's und Gärtner's mit Konrad Sprengel's Blüthentheorie zu einem lebendigen Ganzen zu verschmelzen, so daß nunmehr alle physiologischen Einrichtungen der Blüthe in ihren Beziehungen zur Befruchtung nicht nur, sondern in ihrer Abhängigkeit von den natürlichen Bedingungen, unter denen die Bestäubung ohne Mithülfe des Menschen stattfindet, verständlich geworden sind. Es war hier

also ähnlich, wie in der Geschichte der Morphologie und Systematik: die Prämissen fand Darwin vor, den Schluß aus ihnen zog er; auch hier beruht die Sicherheit seiner Theorie auf den Ergebnissen der besten Beobachter, auf Untersuchungen, welche in Darwin's Theorie ihren nothwendigen logischen und historischen Abschluß finden.

7.

Mikroskopische Untersuchung der Befruchtungsvorgänge der Phanerogamen, Pollenschlauch und Keimkörper. [1])

1830—1850.

Schon im vorigen Jahrhundert hatten diejenigen, welche von der Sexualität der Pflanzen überzeugt waren, auf verschiedene Weise versucht, mit Hülfe des Mikroskops eine Vorstellung davon zu gewinnen, in welcher Weise durch den Pollen die Erzeugung des Embryos innerhalb des Samens vermittelt werde. Von den sehr rohen derartigen Versuchen Morland's und Geoffroy's abgesehen, waren es Needham (1750), Jussieu, Linné, Gleichen, Hedwig, welche die Vorstellung hegten, der Pollen zerspringe auf der Narbe, die darin enthaltenen Körnchen aber drängen durch den Griffel hinab zu den Samenknospen, um dort entweder selbst zu Embryonen ausgebrütet zu werden, oder doch zu deren Erzeugung behülflich zu sein. Diese Vorstellungsweise schloß sich eng an die damals herrschende Evolutionstheorie an und schien in den Samenkörperchen der Thiere eine Stütze zu finden; sie stützte sich zugleich auf die Beobachtung, daß Pollenkörner in Wasser gelegt unter dem Mikroskop

---

[1]) Um die sehr gedrängte Darstellung nicht durch zahlreiche Citate zu stören, mache ich hier die wichtigeren Schriften namhaft: Robert Brown's vermischte Schriften, herausgegeben von Nees von Esenbeck Bd. IV. 1830 Bd. V. 1834. — Mohl über G. Amici in bot. Zeitung 1863 Beilage p. 7. — Schleiden: über die Bildung des Eichens und Entstehung des Embryos in Nova Acta Acad. Leopold 1839 Bd. XI. 1. Abth. — W. Hofmeister: Zur Uebersicht der Geschichte von der Lehre der Pflanzenbefruchtung in Flora 1867 p. 119 ff.

häufig zerspringen und ihren Inhalt in Form einer körnig schleimigen Masse entleeren. Es wurde bereits erwähnt, daß Koelreuter dieser Ansicht entgegentrat, das Zerspringen für naturwidrig erklärte, dafür aber das von den Pollenkörnern ausgeschwitzte Oel als die befruchtende Substanz betrachtete, worin ihm Joseph Gärtner und Konrad Sprengel folgten. Diese Ansicht wurde indessen weniger beachtet und bis tief in die dreißiger Jahre hinein blieb die von Needham und Gleichen begründete in einem gewissen Ansehen. Die Frage war nun aber, auf welche Weise diese Inhaltskörnchen des Pollens in die Samenknospen gelangen sollten. Da bot ein Zufall einen Anknüpfungspunct für weitere Reflexionen. Amici, der zu anderem Zweck die Narbenhaare von Portulaca untersuchte, sah bei dieser Gelegenheit (1823) den Pollenschlauch aus dem Pollenkorn hervortreten und die körnige Inhaltsmasse des letzteren, die sogenannte Fovilla, strömende Bewegungen ähnlich der in den Charen bekannten ausführen. Der Wunsch, diese merkwürdige Thatsache zu prüfen und darüber Aufschluß zu gewinnen, „wie denn eigentlich die befruchtende Substanz von der Narbe absorbirt werde," veranlaßte Brongniart 1826, eine große Zahl mit Pollen bedeckter Narben zu untersuchen. Es gelang ihm dabei zu constatiren, daß die Bildung von Pollenschläuchen eine sehr verbreitete Erscheinung sei. Mangelhafte Verfolgung des Gesehenen und die Voreingenommenheit für die alte Theorie Needham's hinderten ihn jedoch die Pollenschläuche in ihrem ganzen Verlauf bis in die Samenknospe hinein kennen zu lernen; er nahm vielmehr an, daß sie, in die Narbe eingedrungen, sich öffnen und ihre Inhaltskörnchen entlassen, indem er ausdrücklich behauptete, daß diese letzteren den Samenthierchen der Thiere analog und der active Theil des Pollens seien. Nunmehr aber griff Amici die Frage ernster an, er verfolgte 1830 die Pollenschläuche nicht nur bis in den Fruchtknoten, sondern fand auch, daß je einer derselben in die Mikropyle einer Samenknospe eindringe.

So war die Frage plötzlich ihrer Lösung sehr nahe gerückt, als von verschiedenen Seiten her Abwege eingeschlagen wurden.

Robert Brown zeigte 1831 und 1833, daß die zu sogenannten Pollinarien zusammengebackenen Pollenkörner der Orchideen und Asclepiadeen ebenso wie die anderer Pflanzen Pollenschläuche austrieben und daß man feine Röhrchen im Fruchtknoten bestäubter Orchideen vorfinde, deren Zusammenhang mit den Pollenkörnern ihm jedoch zweifelhaft blieb, so daß er selbst zu der Annahme sich geneigt fand, dieselben entstünden im Fruchtknoten selbst, wenn auch in Folge der Bestäubung der Narbe. Ganz anders war der Abweg, auf welchen Schleiden gerieth, durch welchen jedoch die Frage, ähnlich wie gleichzeitig die nach der Entstehung der Zellen in den Vordergrund der botanischen Forschung gestellt wurde. 1837 publicirte Schleiden ausgezeichnete Untersuchungen über die Entstehung und Ausbildung der Samenknospen vor der Befruchtung, ohne Zweifel die besten und gründlichsten der damaligen Zeit. Zugleich beseitigte er die Zweifel Brongniart's und Brown's und die Angaben Amici's bestätigend, bewies er, daß die Pollenschläuche von der Narbe aus überall bis in die Samenknospen durch die Mikropyle derselben eindringen. Er ließ sie aber zu weit vordringen; ganz positiv behauptete er: „der Pollenschlauch schiebt die Membran des Embryosackes vor sich her, stülpt diesen in sich selbst hinein und sein Ende liegt dann scheinbar im Embryosack. Das Ende des Pollenschlauches im Embryosack schwillt kugelig oder eiförmig an, und aus seinem Inhalt bildet sich Zellgewebe. Es bildet die seitlichen Organe, Einen oder zwei Cotyledonen, wobei aber die ursprüngliche Spitze als plumula mehr oder weniger frei bleibt. Das Stück des Pollenschlauches unterhalb des Embryo's und die dasselbe umschließende Duplikatur des Embryosacks schnüren sich früher oder später ab und obliteriren völlig, so daß nunmehr der Embryo wirklich im Embryosack liegt." Wäre diese, anscheinend ganz auf Beobachtung beruhende und durch entsprechende Abbildnng erläuterte Ansicht richtig gewesen, so hätte sie entsprechend der alten Evolutionstheorie und mit auffallender Annäherung an die Ansichten Morlands und Geoffroy's zwar der Nothwendigkeit der Bestäubung zur

Bildung embryohaltiger Samen Rechnung getragen, aber dennoch wäre die Sexualität der Pflanzen ähnlich wie bei den Vertheidigern der Evolutionstheorie damit in der Hauptsache beseitigt worden: die Samenknospe wäre eben nur der geeignete Ort zur Ausbrütung des vom Pollen erzeugten Embryos geblieben. Dieser Ansicht Schleiden's schlossen sich nun alsbald Wydler, Gelesnow und verschiedene Andere, vor Allem aber Schacht an, während gerade die hervorragendsten Mikroskopiker ihr ungläubig entgegentraten. Zuerst war es wieder Amici, der 1842 auf dem italienischen Gelehrtenkongreß in Padua der neuen Lehre entgegentrat und nachzuweisen suchte, daß der Embryo nicht im Ende des Pollenschlauches, sondern aus einem schon vor der Befruchtung vorhandenen Theile der Samenknospe entstehe, welcher durch die im Pollenschlauch enthaltene Flüssigkeit befruchtet werde. Die Wahl einer zu diesem Zweck höchst ungeeigneten Pflanze, des Kürbisses, hinderte ihn jedoch, die Vorgänge im Einzelnen genau genug zu erkennen und Schleiden verfehlte nicht, 1845 Amici's Behauptungen in den ungesuchtesten Ausdrücken zurückzuweisen. Dieser aber brachte schon im nächsten Jahr (1846) die entscheidenden Beweise für seine Behauptung: an den für solche Untersuchungen sehr günstigen Orchideen zeigte er nicht nur, daß Robert Brown's erwähnte Zweifel unbegründet seien, sondern was die Hauptsache war, daß im Embryosack der Samenknospen schon vor dem Eintreffen des Pollenschlauches ein Körper (das Keimbläschen) vorhanden ist, welcher durch den Zutritt des Pollenschlauches zur weiteren Entwicklung, zur Bildung des Embryos veranlaßt wird. Er demonstrirte hier zuerst den ganzen Verlauf dieser Vorgänge von der Bestäubung der Narbe an bis zur Ausbildung des Embryos im Zusammenhang.

Obgleich schon im folgenden Jahr durch Mohl und Hofmeister Amici's Darstellung als die richtige bestätigt wurde und Hofmeister 1849 in einer umfangreicheren Schrift: „Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen" (Leipzig 1849) an zahlreicheren anderen Pflanzen die für die Frage entscheidenden Momente ausführlich beschrieb und durch sehr schöne Abbildungen

erläuterte, obgleich auch Tulasne als Gegner der Schleiden'schen Theorie auftrat, insofern er sich auf das Bestimmteste davon überzeugte, daß ein Zusammenhang zwischen dem befruchteten Keimbläschen und dem Pollenschlauch nicht besteht (wobei er aber die Existenz des Keimbläschen vor der Befruchtung leugnete); so entspann sich doch jetzt erst der heftigste Kampf um die Schleiden'sche Theorie: das niederländische Institut in Amsterdam krönte eine Preisschrift Schacht's, die 1850 herauskam; hier wurde Schleiden's Theorie von Neuem vertheidigt und durch sehr zahlreiche Abbildungen erläutert, welche in ganz unbegreiflicher Weise überall die entscheidenden Momente unrichtig und im Sinn der Theorie darstellten. Mohl sagt bei dieser Gelegenheit sehr treffend (Bot. Ztg. 1863 Beilage p. 7): „Es ist jetzt nachdem wir wissen, daß die Schleiden'sche Lehre ein Irrlicht war, lehrreich, wenn auch betrübend zu sehen, mit welcher Leichtgläubigkeit das Unrichtige für wahr gehalten wurde, wie die einen auf eigene Untersuchungen vollkommen verzichtend mit theoretischen Gründen das Phantom herausputzten, die andern, welche das Mikroskop zur Hand nahmen, durch ihre vorgefaßte Meinung geblendet zu sehen glaubten, was sie gar nicht sehen konnten, und durch Hunderte von Zeichnungen, welchen Nichts als die Wahrheit fehlte, die Richtigkeit der Schleiden'schen Lehre als über jeden Zweifel erhaben darzustellen suchten, und wie eine Akademie durch Krönung einer solchen Arbeit einen neuen Beweis für die alte, namentlich in unserer Wissenschaft seit einigen Decennien wiederholt so glänzend gemachte Erfahrung lieferte, wie wenig Preisaufgaben geeignet sind, die Lösung einer zweifelhaften, wissenschaftlichen Frage herbeizuführen.“ In diesem Falle war noch dazu die gekrönte Preisschrift schon im Voraus durch Mohl, Hofmeister, Tulasne widerlegt. Schacht hielt natürlich nun erst desto mehr an Schleiden's Theorie fest: nach einigen polemischen Schriften, in welche auch andere, minder Berufene sich einmengten, erschien aber 1856 eine ausführlichere Schrift Radlkofer's, welche Hofmeister's Beobachtungen in allen Puncten bestätigte und beiläufig auch eine Darlegung der nun-

mehr veränderten Ansichten Schleiden's enthielt, eine Darlegung, welche man als einen vollständigen Widerruf Schleiden's deuten konnte, zu welchem bald darauf auch Schacht sich genöthigt sah, als er bei Gladiolus Verhältnisse an der Samenknospe kennen lernte, die mit der Schleiden'schen Theorie handgreiflich unvereinbar waren.

Hofmeister hatte von vornherein seine Aufmerksamkeit speziell der Frage zugewendet, ob im Pollenschlauch sich Gebilde vorfinden, welche etwa den Spermatozoiden entsprechen und ob etwa eine Oeffnung am Ende des Pollenschlauches wahrzunehmen sei. Zwar fand er bei den Coniferen (1851) Gebilde, welche immerhin an die männlichen Befruchtungskörper höherer Cryptogamen erinnern mochten; der Pollenschlauch aber war geschlossen, sowie bei den übrigen Phanerogamen, wo seine Haut noch dazu eine sehr beträchtliche Dicke erreicht. Es blieb also Nichts übrig, als die Annahme, daß eine flüßige Substanz durch die Wand des Pollenschlauches und des Embryosackes hindurchdiffundirend die Befruchtung des Keimbläschens vermittelt und so war es nicht die Präformationstheorie des vorigen Jahrhunderts, welcher noch Brongniart anhing, sondern die von Koelreuter vertretene Ansicht, welche sich schließlich als die der Wahrheit näher kommende erwies; wenn freilich auch von Koelreuter's Ansicht Nichts weiter übrig blieb, als daß die befruchtende Substanz bei den Phanerogamen eine flüßige sei. Die für Spermatozoiden gehaltenen Inhaltskörnchen des Pollens dagegen haben sich später zum Theil als unschuldige Stärkekörnchen und Oeltropfen zu erkennen gegeben.

8.

Entdeckung der Sexualität der Kryptogamen.

1837—1860.

Um die Mitte der vierziger Jahre zweifelte kein Urtheilsfähiger mehr an der Sexualität der Phanerogamen. Nicht so war es bezüglich der kryptogamischen Pflanzen, obgleich schon

um diese Zeit eine Reihe von Thatsachen bekannt war, welche darauf hinzuweisen schienen, daß auch bei ihnen im Lauf der Entwicklung eher oder später ein Moment eintritt, wo ein Geschlechtsact sich vollzieht. Es fehlte jedoch bis dahin an einer methodischen Bearbeitung der Frage, vor Allem an experimentellen Untersuchungen oder solchen Beobachtungen, welche die Nothwendigkeit einer sexuellen Vereinigung auch hier dargethan hätten.

Als in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts die große Mehrzahl der Botaniker an der sexuellen Bedeutung der Staubgefäße der Phanerogamen nicht mehr zweifelte, ließ man es sich angelegen sein, auch bei kryptogamischen Pflanzen Organe von ähnlicher Funktion nachzuweisen; man stützte sich dabei auf äußerliche Aehnlichkeiten und Analogieen, die man mehr oder weniger willkürlich zu deuten suchte. Die ziemlich auffallende äußerliche Aehnlichkeit der Antheridien und Archegonien der Moose mit den Geschlechtsorganen der Phanerogamen veranlaßten schon Schmidel und Hedwig dieselben als Staubgefäße und Fruchtknoten in Anspruch zu nehmen und hier errieth man in der That etwas Richtiges, wenn auch freilich die wahre Bedeutung der Moosfrucht auf diesem Wege nicht erkannt werden konnte. Früher hatten Micheli, Linné, Dillen, noch mehr auf Aeußerlichkeiten und geringe Kenntniß dieser Pflanzen gestützt, die Moosfrucht selbst für eine männliche Blüthe gehalten und was die übrigen Kryptogamen betraf, überließen sich selbst die hervorragendsten Botaniker einem Herumtasten ohne jeden festen empirischen Anhaltspunct. Es ist unnöthig, speciell auf die Ansichten, die dabei zum Vorschein kamen, einzugehen; nur beispielsweise sei Einzelnes erwähnt: Koelreuter z. B. betrachtete die Volva der Hutschwämme, Gleditsch und Hedwig dagegen schlauchförmige Zellen an den Lamellen derselben als die männlichen Befruchtungsorgane. Gleichen nahm die Spaltöffnung der Farne, Koelreuter ihr Indusium, Hedwig sogar ihre Drüsenhaare für Antheren. Man ahnte noch nicht, daß der Entwicklungsgang und die gesammte morphologische Gliederung der kryptogamischen

Pflanzen mit der der Phanerogamen nicht auf diese Art verglichen werden kann, und das Richtige sowohl, wie das Unrichtige, was man bezüglich der Sexualorgane der Kryptogamen annahm, hatte keinen wissenschaftlichen Werth, da es eben nur auf unbestimmte Vermuthungen hin errathen wurde. Auch in den ersten Decennien unseres Jahrhunderts gestalteten sich die Verhältnisse nicht besser und wenn auch nach und nach eine Reihe von gelegentlichen Wahrnehmungen, welche sich später methodisch verwerthen ließen, gemacht wurde, so blieben es doch zunächst vereinzelte Thatsachen, denen jeder wissenschaftliche Zusammenhang fehlte und Jedem mußte überlassen bleiben, ob er den Kryptogamen überhaupt Sexualorgane zuschreiben oder absprechen wollte. Indessen häuften sich nach und nach derartige Wahrnehmungen, so daß um die Mitte der vierziger Jahre schon eine gewisse Sichtung derselben und eine Art Orientirung auf diesem Gebiet eintreten konnte. Abgesehen von den Moosen, wo die Mehrzahl der Botaniker doch gern an Schmidel's und Hedwig's Meinung festhielt, hatte schon 1803 Vaucher die längst bekannte Copulation der Spirogyren als einen Sexualact in Anspruch genommen, 1820 Ehrenberg die Copulation eines Schimmelpilzes, Syzygites, beobachtet; durch Bischoff und Mirbel war die Organisation der Lebermoosantheridien genauer bekannt geworden (1845) und schon 1822 sah Nees von Esenbeck die Spermatozoiden von Sphagnum, 1828 Bischoff die von Chara, die man freilich zunächst für Infusorien hielt, eine Ansicht, der sich Unger 1834 noch anschloß; Unger[1]) war es jedoch, der schon 1837 die Spermatozoiden der Laubmoose näher studirte und sie als männliche Befruchtungsorgane in Anspruch nahm; 1844 entdeckte Nägeli die entsprechenden Gebilde an dem bis dahin als Cotyledon gedeuteten Vorkeim der Farnkräuter und 1846 fand er die Spermatozoiden als Producte der kleinen Sporen der Pilularia, welche Schleiden als Pollenkörner dieser Pflanzen gedeutet hatte.

[1]) Die Literaturnachweise für das hier Folgende sind in Flora 1857 p. 120 ff. von Hofmeister vollständig zusammengestellt.

Diese Thatsachen waren höchst bedeutsam, aber anzufangen war mit ihnen nicht viel, da man, abgesehen von den Moosen, das weibliche Organ der betreffenden Pflanzen nicht kannte und einstweilen nur aus der Aehnlichkeit der vegetabilischen Spermatozoiden mit denen der Thiere errathen konnte, daß sie möglicherweise die sexuelle Bedeutung der letzteren haben könnten.

Da kam plötzlich Licht in die Sache, als 1848 der Graf Lesczyc-Suminsky an dem vermeintlichen Cotyledon der Farnkräuter (dem Prothallium) außer den Antheridien noch eigenthümliche Organe entdeckte, in deren Innerem der Embryo oder das junge Farnkraut entsteht. Waren auch die Angaben über Entwicklung und Bau dieser weiblichen Organe, sowie die des Embryos in sehr wesentlichen Puncten unrichtig, so war doch der Weg gewiesen, wo die Befruchtung durch die Spermatozoiden zu vermuthen sei und da man bereits durch Vaucher's und Bischoff's frühere Arbeiten die Keimungsgeschichte der übrigen Gefäßkryptogamen einigermaßen kannte, so eröffnete sich nun auch ein Weg, die Befruchtungsorgane derselben da zu suchen, wo sie wirklich zu finden sind. Dabei war allerdings zuerst eine von Schleiden aufgestellte unrichtige Ansicht über die Bedeutung der kleinen Sporen der Rhizokarpeen zu beseitigen, was zum Theil schon durch Nägeli's genannte Entdeckung und gleichzeitig durch Untersuchungen von Mettenius geschah. Da gab 1849 Hofmeister eine zusammenhängende Beschreibung der Keimung von Pilularia und Salvinia, in welcher die für den Sexualact entscheidenden Momente klar gelegt, zumal die Bedeutung der Spermatozoiden für die Befruchtung der Eizellen im Archigonium nachgewiesen wurde. Dasselbe that Hofmeister gleichzeitig bei einer von den Rhizokarpeen und Farnen weit verschiedenen Gattung (Selaginella), wo ebenfalls die Spermatozoiden aus kleineren Sporen sich entwickeln, um die in dem Prothallium der großen Sporen entstandenen Archegonien zu befruchten. Indem Hofmeister die Keimungsvorgänge dieser Pflanzen mit denen der Farne und Moose verglich, wurde vor Allem ein ganz neues

Licht auf die gesammte morphologische Gliederung dieser Klassen geworfen, durch welche nun erst eine Vergleichung derselben unter sich und mit den Phanerogamen möglich wurde, und erst jetzt gelang es, den Sexualact der Muscineen und Gefäßkryptogamen in seiner Bedeutung für die Entwicklungsgeschichte dieser Pflanzen richtig zu würdigen. Hofmeister zog aus seinen Beobachtungen schon 1849 den Schluß: „Das Prothallium der Gefäßkryptogamen sei morphologisch gleichbedeutend mit der blättertragenden Moospflanze, die beblätterte Pflanze eines Farnkrauts, eines Lycopodium, einer Rhizocarpee gleichbedeutend mit der Moosfrucht. Bei Moosen, wie bei Farnen finde eine Unterbrechung der vegetativen Entwicklung durch die Zeugung, ein Generationswechsel statt: bei den Gefäßkryptogamen sehr bald nach der Keimung, bei den Moosen um Vieles später.“ Es wurde bereits in der Geschichte der Systematik auf die epochemachende Bedeutung dieser Entdeckung hingewiesen. Für die Lehre von der Sexualität der Pflanzen war die von Hofmeister begründete Auffassung dieser Verhältnisse nicht minder wichtig; mit einem Schlage waren alle älteren falschen Analogieen zwischen Phanerogamen und Kryptogamen zerstört und das wirklich Uebereinstimmende aufgefunden: wie in der Samenknospe der Phanerogamen, so hatte Hofmeister im Archegonium der Kryptogamen denjenigen Körper aufgefunden, welcher sich nach der Befruchtung zum Embryo ausbildet, das Keimbläschen oder die Eizelle. Hier lag der Ausgangspunct für jede weitere methodische Vergleichung bei der geschlechtlichen Fortpflanzung der Kryptogamen und Phanerogamen. Alles andere war von secundärer Bedeutung, auch das, daß die Befruchtung der Eizelle bei den Kryptogamen nicht durch einen Pollenschlauch, sondern durch Spermatozoiden stattfindet. Es war nun leicht auch in anderen von Hofmeister noch nicht beobachteten Fällen die entsprechenden Generationsverhältnisse nachzuweisen.

Seine Angaben und Schlüsse wurden 1850 von Mettenius bezüglich der Selaginella und Isoetes bestätigt nnd erweitert, und 1851 erschien Hofmeister's umfassendes Werk: „die vergleichenden

Untersuchungen," wo nunmehr auch die Keimbildung der Coniferen als die Vermittlungsform zwischen der der Kryptogamen und Phanerogamen dargestellt wurde. Weitere Ergänzungen folgten: Henfrey bestätigt Hofmeisters Ergebnisse bei den Farnen, 1852 beobachteten Hofmeister und Milde die Befruchtungsgeschichte der Equiseten, Hofmeister gab gleichzeitig die vollständige Entwicklungsgeschichte von Isoetes, 1855 beschrieb er die entscheidenden Momente bei Botrychium und Mettenius 1856 bei Ophioglossum.

Durch alle diese Entdeckungen waren die vor und nach der Befruchtung stattfindenden Entwicklungsvorgänge aufgeklärt, aber noch fehlte die directe Beobachtung des Befruchtungsactes selbst. Hofmeister schildert (Flora 1857 p. 122) die damalige Sachlage folgendermaßen:

„Hatten die zahlreichen Untersuchungen helles Licht über die Beschaffenheit der männlichen und weiblichen Organe, wie über die Art und Weise der Entstehung des Embryo durch fortgesetzte Theilung des schon vor der Befruchtung in letzteren vorhandenen Keimbläschens sich verbreitet, so blieb doch das eigentliche Wesen der Befruchtung völlig dunkel. Durch Beobachtung und Versuch war es genügend festgestellt, daß es der Einwirkung von Samenfäden auf die Archegonien bedürfe, um in diesen einen Embryo zu erzeugen. Weibliche, von den männlichen entfernte Moospflanzen, [1]) von den Mikrosporen getrennte Makrosporen von Gefäßkryptogamen hatten in allen Fällen sich steril erwiesen; aber selbst darüber war keine Sicherheit erlangt worden, bis zu welchem Puncte der weiblichen Organe die Samenfäden vordringen. Zwar hatten Leszczyc und später Merklin den Eintritt beweglicher Samenfäden in die Mündungsöffnung der Ar-

[1]) W. P. Schimper hatte 1850 in seinen Recherches anatomiques et morphologiques sur les Mousses werthvolle Angaben über die Unfruchtbarkeit solcher weiblicher Laubmoose gemacht, welche weit entfernt von männlichen Exemplaren wachsen und Fälle nachgewiesen, wo das Vorkommen männlicher Moose unter sonst unfruchtbaren weiblichen, deren Fruchtbarkeit herbeiführt.

chegonien von Farnen gesehen; was aber Lesczyc über die Rolle angab, die sie dort weiter spielen sollten, erwies sich als auf Selbsttäuschung beruhend. Hofmeister hatte bewegungslos gewordene Samenfäden im mittleren Theile des Halskanales von Archegonien des Schafthalmes beobachtet; aber auch hier war nichts Näheres über die Art der Einwirkung des Spermatozoids auf das Keimbläschen zu ermitteln gewesen. Da traf es sich, daß im Frühjahr 1851 Hofmeister, mit Untersuchung der Entwicklung der Vegetationsorgane der Farnkräuter beschäftigt, mehrfach in den basilären das Keimbläschen einschließenden Zellen der Archegonien von Farnen in Bewegung begriffene Samenfäden selbst in der Mehrzahl das Keimbläschen umspielend antraf. Ihre Bewegungen endeten während der Beobachtung mit Eintritt der Veränderungen, welche der Inhalt durch Schnitte blosgelegter jugendlicher Pflanzenzellen bei längerer Einwirkung von Wasser zu erleiden pflegt.“ Spätere Beobachtungen lassen jetzt keinen Zweifel darüber zu, daß einzelne Spermatozoiden auch bei Muscineen und Farnen in das sogenannte Keimbläschen, die nackte Eizelle des Archegoniums, eindringen.

Zunächst wurde die Frage jedoch an den Algen entschieden, wo ohne störende Eingriffe der Befruchtungsvorgang unmittelbar gesehen werden konnte. Daß nämlich auch bei den Algen geschlechtliche Fortpflanzung stattfinde, lag sehr nahe, seitdem Decaisne und Thuret an den Fucusarten 1845, Nägeli an den Florideen 1846, Organe aufgefunden hatten, die eine andere Deutung kaum zuließen. Auch hatte schon Alexander Braun auf die Bildung von zweierlei Sporen bei einer großen Zahl von Süßwasseralgen hingewiesen. Mehr als bloße Vermuthungen hatte man damit freilich noch nicht. Da bewies 1854 Thuret durch Experimente, daß bei der Gattung Fucus die großen Eizellen von sehr kleinen schwärmenden Spermatozoiden befruchtet werden müssen, um die Keimung einzuleiten; beiderlei Organe ließen sich hier in Menge gesondert sammeln, und nach Belieben zur Befruchtung zusammenbringen; Thuret erzielte auf diese Weise sogar Bastardbefruchtung. Pringsheim

beobachtete 1855 zuerst die Bildung der Spermatozoiden in den Hörnchen der Vaucheria und constatirte, daß ohne das Herantreten derselben an die Eizelle eine entwicklungsfähige, sogenannte Oospore nicht gebildet wird. Zugleich fügte er den Angaben Thuret's noch die sehr wichtige hinzu, daß in dem schon von einer Haut umgebenen befruchteten Fucus-Ei an der Oberfläche der Inhaltsmasse die Reste von Spermatozoiden zu erkennen seien. Ziemlich gleichzeitig veröffentlichte Cohn seine Beobachtungen über Sphaeroplea annulina, wo er ebenfalls das Herantreten von Spermatozoiden an die Eizellen constatirte, welche in Folge dessen, wie bei Fucus und Vaucheria, sich zunächst mit einer Zellhaut umkleiden und zu weiterer Entwicklung befähigt werden.

Noch immer aber war die entscheidende Beobachtung nicht gemacht, noch Niemand hatte gesehen, wie die beiden Befruchtungselemente im Augenblick der Befruchtung sich verhalten. Dieß gelang Pringsheim 1856 bei einer der gemeinsten Süßwasseralgen, dem Oedogonium. Hier sah er das bewegliche Spermatozoid mit der protoplasmatischen Substanz der Eizelle zunächst in Berührung treten, dann aber in dieselbe eindringen und mit ihr verschmelzend zerfließen. Es war so die erste Beobachtung gemacht, welche mit Bestimmtheit zeigte, daß eine wirkliche Vermischung der männlichen und weiblichen Befruchtungselemente stattfinde und noch in demselben Jahr wurde diese wichtige Thatsache auch von De Bary bestätigt.

War nun einmal festgestellt, daß die Befruchtung der Kryptogamen in einer Verschmelzung zweier nackter Protoplasmakörper, des Spermatozoids und der Eizelle besteht, so konnte man folgerichtig auch die Conjugation der Spirogyren, überhaupt der Conjugaten nunmehr als einen Befruchtungsakt auffassen, nur daß hier die beiden Befruchtungselemente nicht von verschiedener Größe und Gestalt, sondern von gleichem Aussehen sind. Zu dieser Schlußfolgerung gelangte De Bary 1858 in seiner Monographie der Conjugaten. Für die Theorie der Sexualität war diese Erweiterung des Begriffs Befruchtung auch auf solche Fälle, wo die verschmelzenden Zellen äußerlich gleichartig zu

sein scheinen, von besonderem Werth, wie sich erst im Verfolg zeigte, wo man noch eine Reihe anderer Befruchtungsformen kennen lernte, die eine noch stärkere Erweiterung des Begriffes der Sexualität nöthig machten. Noch 1858 entdeckte Pringsheim bei einer anderen Algengruppe, den Saprolegnieen, Befruchtungsapparate, welche wenigstens in ihrem äußeren Ansehen von den bisher bei niederen Pflanzen bekannten weit abwichen.

So waren in den fünfziger Jahren eine Reihe grundlegender Thatsachen gewonnen, an welche sich im Verlauf der nächsten Jahre zahlreiche andere bestätigend und erweiternd anschlossen. Es gehört nicht mehr zu der hier verfolgten Aufgabe, die zahlreichen, nach 1860 auf diesem Gebiet gemachten Entdeckungen vorzuführen; nur darauf sei hingewiesen, daß im Lauf der sechziger Jahre die Befruchtungsvorgänge auch bei den Florideen von Thuret und Bornet, vor Allem aber auch bei den Pilzen von De Bary und seinen Schülern in zum Theil sehr sonderbaren Formen beobachtet worden sind. So daß nunmehr über die allgemeine Verbreitung der Sexualität auch bei den Thallophyten kein Zweifel mehr herrscht, wenn auch immerhin die Frage noch offen bleibt, ob nicht doch vielleicht einige der allereinfachsten und kleinsten Gewächse derselben entbehren.

Eines der wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen liegt offenbar in der auffallenden Aehnlichkeit vieler Befruchtungsvorgänge bei Kryptogamen mit denen der niederen Thiere; auch hier bestätigte sich wieder, was die neueren zoologischen und botanischen Forschungen vielfach anderweitig ergeben haben, daß die Aehnlichkeiten zwischen Pflanzen- und Thierreich um so deutlicher hervortreten, je mehr man beide in ihren einfachsten Bildungsstufen vergleicht, ein deutlicher Hinweis darauf, daß beide Reiche im Sinne der Descendenztheorie sich aus gemeinsamen gleichartigen Anfängen hervorgebildet haben. Was aber die wahre Natur der Befruchtung selbst betrifft, welche bei Thieren und Pflanzen offenbar in der Hauptsache übereinstimmt, so läßt sich auch jetzt noch nicht mehr sagen, als daß es auf alle Fälle

auf eine materielle Vermischung des Inhalts zweier Zellen ankommt, deren jede für sich einer weiteren Entwicklung nicht fähig ist, während das Vermischungsproduct nicht nur im Stande ist, sich weiter zu entwickeln, sondern auch die Eigenschaften der beiden älterlichen Formen in sich vereinigt und bei der weiteren Entwicklung wiederholt. Daß es dabei nicht auf die Verschmelzung zweier geformter Körper ankommt, daß vielmehr wenigstens die männliche befruchtende Substanz eine flüssige sein kann, scheint aus dem Verhalten der Phanerogamen mit Bestimmtheit hervorzugehen und Nichts hindert die Annahme, daß auch bei den Kryptogamen die Gestalt der befruchtenden Elemente für den Sexualact selbst gleichgültig ist, wenn immerhin auch die Form und Beweglichkeit derselben zur Uebertragung der befruchtenden Substanz auf die zu befruchtende nothwendig ist.

Zweites Capitel.

Geschichte der Ernährungstheorie der Pflanzen.

1583—1860.

Daß die Pflanzen aus ihrer Umgebung Substanzen in sich aufnehmen um aus ihnen ihren Körper aufzubauen, konnte auch in den ältesten Zeiten nicht zweifelhaft sein, und daß damit nothwendig Bewegungen der Nährstoffe verknüpft sind, leuchtete ohne Weiteres ein. Schwierig aber war die Frage, von welcher Art die Nahrungssubstanz der Pflanzen sei, wie und durch welche Kräfte getrieben, sie in dieselben eindringt und sich in ihnen vertheilt und selbst das war lange fraglich, ob die von außen aufgenommene Nahrung innerhalb der Pflanze selbst noch irgend eine Veränderung erleidet, bevor sie zum Wachsthum verwendet wird. Das waren ungefähr die Fragen der Pflanzenernährung, mit denen sich Aristoteles beschäftigt hatte, und welche auch noch den Hauptgegenstand von Caesalpin's physiologischem Nachdenken bildeten.

Eine viel bestimmtere Fassung aber gewannen die Fragen der Pflanzenernährung in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts, als man anfing, die verschiedenen Vegetationserscheinungen überhaupt genauer zu beobachten und als man es versuchte, sich Rechenschaft zu geben über ihre Beziehungen zur Außenwelt. Der Begründer der Phytotomie, Malpighi, war es, der zuerst die Betheiligung der verschiedenen Organe der Pflanzen an dem gesammten Ernährungsgeschäfte aufzuweisen unternahm; er erkannte, durch Analogieschlüsse geleitet, daß die grünen Blätter

nahrungsbereitende Organe sind und daß die von ihnen bereiteten Stoffe in alle Theile der Pflanze übergehen, um dort entweder aufbewahrt oder zum Wachsthum benutzt zu werden. Damit war jedoch noch keine Einsicht gewonnen in die Natur derjenigen Stoffe, aus welchen die Pflanzen ihre Nahrung bereiten; soweit es bei dem Stand der Chemie um diese Zeit möglich war, suchte Mariotte darüber Auskunft zu geben und namentlich erwarb er sich das Verdienst, im Gegensatz zu der alten aristotelischen Vorstellung, zu beweisen, daß die Pflanzen die aus dem Boden aufgenommenen Nahrungsstoffe in neue chemische Verbindungen überführen, daß dagegen die Erde und das Wasser den verschiedensten Pflanzen dieselben Nahrungsstoffe darbieten. Es konnte aber schon damals den Pflanzenphysiologen nicht entgehen, daß das Wasser, welches die Pflanzen aus dem Boden aufnehmen nur sehr geringe Quantitäten aufgelösten Stoffes in sie einführt. Schon in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts hatte dies van Helmont sogar durch einen Vegetationsversuch bewiesen, dessen Ergebniß er aber freilich dahin deutete, daß die Pflanzen im Stande seien, aus Wasser allein, sowohl ihre verbrennliche, wie ihre unverbrennliche Substanz zu erzeugen. Ganz anders jedoch faßte im Anfang des 18. Jahrhunderts Hales die Sache auf, indem er durch die Entwicklung der Gase bei der trockenen Destillation der Pflanzen zu der Ansicht geführt wurde, daß ein beträchtlicher Theil der Pflanzensubstanz in luftförmiger Gestalt aus der Atmosphäre aufgenommen werde.

In den von Malpighi, Mariotte und Hales aufgestellten Ansichten lagen die wesentlichsten Elemente einer Ernährungstheorie der Pflanzen; hätte man ihren Werth erkannt, so hätte sich aus ihnen die Lehre ziehen lassen, daß ein Theil der Pflanzennahrung aus der Erde und dem Wasser stammt, daß ein anderer aus der Luft entnommen wird, und daß die Blätter diese aufgenommenen Stoffe in der Weise verändern, daß daraus Pflanzensubstanz erzeugt und diese zum Wachsthum verwendet wird; diese Combination wurde jedoch nicht gemacht, denn in den folgenden Jahrzehnten beschäftigte man sich vorwiegend mit Beob-

achtungen, welche über die Art und Weise der Saftbewegung in den Pflanzen Auskunft geben sollten; da man jedoch die von Malpighi bereits erkannte Funktion der Blätter übersah, so gelangte man auch in dieser Beziehung nur zu unklaren und selbst widersprechenden Resultaten. Denn die gesammte Einsicht nicht nur in die chemischen Vorgänge der Pflanzenernährung, sondern auch in die Mechanik der Saftbewegung, überhaupt in den gesammten Haushalt der Pflanze hängt von der Kenntniß der Thatsache ab, daß nur die chlorophyllhaltigen Zellen, bei den höheren Pflanzen also die vorwiegend aus solchen bestehenden Blätter im Stande sind, unter Mithülfe der aus dem Boden aufgenommenen Stoffe die gasförmige Nahrungssubstanz der Atmosphäre in Pflanzenstoffe umzuwandeln. Diese Thatsache ist für die ganze Ernährungstheorie der Pflanzen von principieller Bedeutung; ohne ihre Kenntniß ist die mit der Ernährung und dem Wachsthum verbundene Stoffbewegung, die Abhängigkeit der Vegetation vom Licht, und auch zum großen Theil die Wurzelfunction unerklärlich.

Dieses Princip der gesammten Ernährungstheorie der Pflanzen konnte aber erst aufgefunden werden, als an Stelle der älteren phlogistischen Chemie das neue chemische System von Lavoisier trat und merkwürdigerweise waren es im Wesentlichen dieselben Entdeckungen, welche im Lauf der siebziger und achtziger Jahre die Basis für die neuere Chemie und gleichzeitig für die Begründung der neueren Ernährungslehre der Pflanzen lieferten. Gestützt auf Lavoisier's antiphlogistische Ansichten über die Zusammensetzung der Luft, des Wassers, der mineralischen Säuren, gelang es Ingen-Houß zu zeigen, daß alle Pflanzentheile beständig Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure bilden, daß jedoch die grünen Organe unter dem Einfluß des Lichts umgekehrt Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff dafür ausscheiden; und schon 1896 hielt es Ingen-Houß für wahrscheinlich, daß die Pflanzen die Gesammtmasse ihres Kohlenstoffs aus der atmosphärischen Kohlensäure aufnehmen. Bald darauf bewies Saussure (1804), daß die Pflanzen, indem sie Kohlensäure

zersetzen, ein größeres Quantum an Gewicht zunehmen, als dem zurückbehaltenen Kohlenstoff entspricht, und daß dies durch die gleichzeitige Bindung der Bestandtheile des Wassers zu erklären sei. Ebenso zeigte er, daß die geringen Quantitäten salzartiger Verbindungen, welche die Pflanzen aus dem Boden aufnehmen, für ihre Ernährung nothwendig sind, und wenigstens wahrscheinlich konnte er es machen, daß das atmosphärische Stickstoffgas zur Bildung der stickstoffhaltigen Pflanzensubstanz Nichts beiträgt. Schon vorher hatte Senebier besonders auf die Thatsache hingewiesen, daß die Zersetzung der Kohlensäure unter dem Einfluß des Lichts nur in grünen Organen stattfindet.

So waren von Ingen-Houß, Senebier und Saussure die wesentlichsten Momente der Pflanzenernährung entdeckt. Wie es aber oft bei Entdeckungen von großer Tragweite zu gehen pflegt, so war auch diese lange Zeit schweren Mißverständnissen ausgesetzt; weniger in Frankreich, wo in den zwanziger und dreißiger Jahren Dutrochet und De Candolle die Bedeutung des Gasaustausches der grünen Organe für die Ernährung und Athmung im Ganzen richtig zu würdigen wußten; Anderen aber und ganz besonders in Deutschland wurde das Verständniß dadurch getrübt, daß ihnen diese einfachen chemischen Vorgänge als Grundlage der gesammten Pflanzenernährung und somit des ganzen Pflanzenlebens nicht genügten; die in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts in Verbindung mit der Naturphilosophie ausgebildete Theorie der Lebenskraft, welcher nicht nur die Philosophen und Physiologen, sondern auch die Chemiker und Physiker allgemein anhingen, fand es passender, den Pflanzen eine mysteriöse, vom Leben selbst abstammende Substanz, den sogenannten Humus zur Ernährung darzubieten. Die nächstliegenden Erwägungen, welche diese Humustheorie sofort als widersinnig zurückweisen konnten, wurden übersehen und so den Ergebnissen Saussure's zum Trotz die Ernährung der Pflanzen noch einmal, wie es bereits in den früheren Jahrhunderten geschehen war, ganz auf Rechnung des Bodens und der Wurzeln gesetzt; zu den Consequenzen der mit der Lebenskraft

verbundenen Humustheorie gehörte auch, daß man die Aschenbestandtheile der Pflanzen entweder nur als zufällige Beimengungen oder als Reizmittel betrachtete, oder sie geradezu als Erzeugnisse der Lebenskraft in der Pflanze entstehen ließ.

In den zwanziger und dreißiger Jahren jedoch begann sich bereits von verschiedenen Seiten her die Reaction gegen die Theorie der Lebenskraft zu regen; den Chemikern gelang es, organische Verbindungen, die man früher als die Producte derselben betrachtet hatte, künstlich herzustellen; Dutrochet entdeckte in der Endosmose einen physikalischen Vorgang, der geeignet war, verschiedene Lebenserscheinungen der Pflanzen auf physikalisch mechanische Principien zurückzuführen; Saussure und Andere zeigten, daß die Eigenwärme der Pflanzen ein Product der Sauerstoffathmung sei und mit dem Beginn der vierziger Jahre konnte die frühere Theorie der Lebenskraft als veraltet und abgethan angesehen werden. Nun aber kam es darauf an, die unter ihrem Einfluß und dem der Humustheorie gänzlich verkannten Resultate von Ingen-Houß und Saussure wieder in ihr Recht einzusetzen. Liebig war es, der 1840 die Humustheorie beseitigte, den Kohlenstoff der Pflanzen ganz ausschließlich auf die atmosphärische Kohlensäure, den Stickstoffgehalt derselben auf das Ammoniak und seine Derivate zurückführte, die Aschenbestandtheile als wesentliche Faktoren der Ernährung in Anspruch nahm und von den allgemeinen Gesetzen der Chemie ausgehend, vorwiegend auf deduktivem Wege einen Einblick in die chemischen Vorgänge der Assimilation und des Stoffwechsels zu gewinnen suchte. Erst in dem Zusammenhang, den Liebig den mit der Ernährung verbundenen Erscheinungen zu geben wußte, trat jetzt der ganze theoretische Werth der von Ingen-Houß, Senebier und Saussure gefundenen Thatsachen hervor. Es kam nun plötzlich neues Leben in die Ernährungslehre, ein fester Boden war gewonnen, und unbeirrt durch die früheren von der Lebenskraft erhobenen Schwierigkeiten galt es nun, an der Hand der physikalischen und chemischen Kräfte die Untersuchung der Ernährungserscheinungen von Neuem weiterzu-

führen. Zunächst wurde die von Liebig geleugnete Sauerstoffathmung der Pflanzen von Mohl und anderen wieder in ihr Recht eingesetzt. Was Liebig über die Herkunft des Stickstoffs der Pflanzen und über die Bedeutung der Aschenbestandtheile gesagt hatte, stützte sich mehr auf allgemeine Betrachtungen und Wahrnehmungen und auf Berechnungen und mußte nunmehr durch methodisch eingeleitete Untersuchungen, namentlich durch Vegetationsversuche im Einzelnen geprüft werden. Ganz vorwiegend war es nun Boussingault, der im Gegensatz zu Liebig's deductivem Verfahren den rein induktiven Weg betrat, die Methoden für Vegetationsversuche nach und nach verfeinerte und bald dahin gelangte, Pflanzen in einem völlig humusfreien rein mineralischen Boden so zu kultiviren, daß nicht nur die Frage nach der Herkunft des Kohlenstoffs aus der Atmosphäre, sondern auch die Stickstofffrage definitiv gelöst wurde. An solchen künstlich ernährten Pflanzen zeigte Boussingault unter Beachtung aller hier so gefährlichen Fehlerquellen, daß der atmosphärische, elementare Stickstoff für die Ernährung der Pflanzen gleichgiltig ist, daß aber eine normale Vermehrung der stickstoffhaltigen Pflanzensubstanz stattfindet, wenn die Wurzeln außer den nöthigen Aschenbestandtheilen salpetersaure Salze aufnehmen.

Abgesehen von einigen Zweifeln, welche noch bezüglich der Nothwendigkeit einzelner Aschenbestandtheile, wie des Natrons, Chlors und der Kieselsäure bestehen blieben, wurde somit vor 1860 die Herkunft derjenigen Stoffe erkannt, welche sich bei dem Chemismus der Pflanzenernährung betheiligen. Was jedoch über die Vorgänge im Innern der Pflanze, über die erste Entstehung organischer Substanz bei der Assimilation und über die weiteren Umänderungen derselben zu Tage trat, blieb auf Bruchstücke und Vermuthungen beschränkt, ohne noch zu einem abschließenden Ergebniß zu führen.

1.

Caesalpin.

Aristoteles hatte sich darüber Rechenschaft zu geben gesucht, von welcher Art die Substanzen sind, welche die Pflanzen als Nahrung aufnehmen und den Satz aufgestellt, daß die Nahrung aller Organismen nicht einfach, sondern aus Verschiedenem zusammengesetzt sei. Neben dieser ganz richtigen Ansicht hegte er jedoch den Irrthum, daß die Pflanzennahrung schon in der Erde, wie in einem Magen, zum Wachsthum vollständig vorbereitet werde, so daß auch die Abscheidung von Exkrementen in den Pflanzen überflüßig erscheine; ein Irrthum, der zwar, wie wir bald sehen werden, schon von Jungius widerlegt wurde, der sich aber trotzdem selbst bis ins 18. Jahrhundert hinein vererbte und schließlich noch Du Hamel's Ernährungstheorie vollständig verdarb.

Caesalpin, in dem wir schon früher einen ebenso geistreichen als treuen Schüler des Aristoteles kennen gelernt haben, wandte seine Speculationen weniger der chemischen, als der mechanischen Seite der Ernährungsfrage zu, indem er sich vorwiegend über die Bewegung des Nahrungssaftes in den Pflanzen klar zu werden suchte. Ihm stand bereits ein reicheres Erfahrungsmaterial als seinem Meister zur Verfügung und gerade deßhalb ist es lehrreich, uns mit seinen Ansichten näher bekannt zu machen, weil sich hier zeigen mußte, in wieweit die alte Philosophie im Stande war, auch besser begründeten Erfahrungen, als denen des Aristoteles, zu genügen. Es wird sich sogleich zeigen, daß schon der erste Anlauf Caesalpin zu Ansichten führte, die eigentlich nicht mehr als streng aristotelisch gelten konnten.

Im zweiten Capitel des ersten Buches seines uns schon bekannten Werkes: De plantis libri XVI. 1583 wirft er die Frage auf, in welcher Weise die Anziehung der Nahrung und die Ernährung der Pflanzen geschehe. Bei den Thieren sehen wir die Nahrung von den Venen zum Herzen hingeführt werden,

welches gleichsam die Werkstätte der Eigenwärme ist und nachdem sie dort ihre letzte Vollendung erfahren, durch die Arterien in den ganzen Körper sich verbreiten; und zwar geschieht dieß durch die Thätigkeit derselben Kraft (spiritus), welche aus derselben Nahrung im Herzen erzeugt wird. In den Pflanzen dagegen sehen wir weder Venen, noch andere Kanäle, noch fühlen wir irgend eine Wärme derselben, so daß es unbegreiflich erscheint, aus welchem Grunde die Bäume zu so beträchtlicher Größe heranwachsen, da sie bei Weitem weniger Eigenwärme als die Thiere zu haben scheinen. Dieses Räthsel erklärt sich Caesalpin dadurch, daß bei den Thieren viel Nahrung nöthig sei zur Unterhaltung der Sinnesthätigkeiten und der Bewegungen der Organe. Das größere Quantum der thierischen Nahrung verlange auch größere Behälter und das seien eben die Venen. Die Pflanzen dagegen bedürfen deßhalb weniger Nahrung, weil diese eben nur zur Ernährung benutzt werde, und nur zum kleinsten Theil zur Erzeugung der inneren Wärme, weßhalb sie auch stärker wachsen und mehr Früchte erzeugen können, als die Thiere. Indessen fehle den Pflanzen die innere Wärme nicht, obgleich dieselbe durch das Gefühl nicht wahrzunehmen sei; das komme jedoch nur davon her, daß uns alle Gegenstände kalt erscheinen, welche weniger warm sind, als unser Gefühlsorgan. Daß übrigens auch die Pflanzen Venen besitzen, wenn auch der geringen Nahrungsmenge entsprechend nur sehr enge, das beweisen die milchenden Pflanzen, wie die Wolfsmilch und der Feigenbaum, welche angeschnitten wie thierisches Fleisch bluten; der hier von Caesalpin gemachte Zusatz: quod et in vite maxime contingit, zeigt, daß er den Milchsaft von dem ausfließenden Wasser des thränenden Weinstockes noch nicht unterschied. Gesehen können diese engen Venen ihrer Feinheit wegen nicht werden; doch erkenne man in jedem Stengel und jeder Wurzel Etwas, was gleich den thierischen Nerven der Länge nach spaltbar ist und was man auch Nerven nennt; oder auch dickere derartige Dinge, die sich in den meisten Blättern verzweigen und hier Venen genannt werden. Diese Dinge

seien für Nahrungskanäle zu halten, welche den Venen der Thiere entsprechen; jedoch fehle den Pflanzen ein Venenstamm, welcher der vena cava der Thiere entspräche; vielmehr treten aus der Wurzel viele und feine Venen in das Herz der Pflanze (cor = Wurzelhals, vergl. p. 50) und aus diesem steigen sie in den Stengel hinauf; denn bei den Pflanzen war es nicht nöthig, daß die Nahrung in einer gemeinschaftlichen Höhlung enthalten sei, wie im Herzen der Thiere, wo dieß zur Erzeugung des Spiritus nothwendig ist, sondern es genügte bei den Pflanzen, die Flüssigkeit durch die Berührung mit der medulla cordis (im Wurzelhals) zu verändern, so wie bei den Thieren eine derartige Veränderung im Mark des Gehirns oder in der Leber bewirkt wird; denn auch in diesen Organen sind, wie bei den Pflanzen die Venen sehr eng.

Da die Pflanzen jeder Sinneswahrnehmung entbehren, so können sie auch nicht wie die Thiere, ihre Nahrung aussuchen, sondern sie ziehen die Feuchtigkeit in der Erde auf andere Weise an sich; es sei jedoch schwer einzusehen, wie das zugeht. Indem nun Caesalpin darüber Rechenschaft zu geben sucht, läßt er uns nicht nur einen Blick in die damals herrschenden physikalischen Vorstellungen thun; sondern wir sehen auch mit Ueberraschung den Versuch zu der physikalischen Erklärung einer Lebenserscheinung gemacht, der über die aristotelische Denkweise hinausgeht und zugleich den richtigen Weg einschlägt. Nicht die ratio similitudinis, welche das Eisen zum Magneten hinzieht, könne die Anziehung des Saftes durch die Wurzel bewirken; denn in einem solchen Falle werde das Kleinere zum Größeren hingezogen; wäre nun die Anziehung der Erdflüssigkeit durch die Wurzel so zu denken, wie die Anziehung des Eisens durch den Magneten, so müßte die Erdfeuchtigkeit ihrerseits den Saft aus den Pflanzen herausziehen, was doch eben nicht geschieht. Auch könne es nicht die ratio vacui sein; denn da in der Erde nicht bloß Feuchtigkeit, sondern auch Luft enthalten ist, so würde sich die Pflanze in Folge dieses Princips nicht mit Saft, sondern mit Luft erfüllen. Nun aber findet Caesalpin eine dritte Art von

Ursachen, durch welche Saft in die Pflanzen eingesogen werden könnte. Ziehen nicht, sagt er, manche trockene Dinge ihrer Natur entsprechend die Flüssigkeit an, wie z. B. die Leinwand, der Schwamm und das Pulver, wogegen andere die Flüssigkeit abstoßen, wie manche Vogelfedern und das Kraut Adiantum, welche auch beim Eintauchen in Wasser nicht benetzt werden; jene aber saugen viel ein, weil sie mit dem Wasser mehr, als mit der Luft übereinstimmen; von dieser Art müssen nun nach Caesalpin diejenigen Theile der Pflanze sein, deren die ernährende Seele zur Anziehung der Nahrung sich bedient. Daher seien diese Organe auch nicht wie die Venen der Thiere von einem continuirlichen Kanal durchsetzt, sondern eher wie die Nerven aus einer fädigen Substanz gebildet; so führe nun die saugende Kraft (bibula natura) die Feuchtigkeit beständig nach dem Orte, wo das Princip der Eigenwärme sitzt, wie auch an der Flamme einer Laterne zu sehen sei, wo der Docht beständig Oel zuführt. Auch werde durch die äußere Wärme die Anziehung der Feuchtigkeit vermehrt, weßhalb die Pflanzen im Frühjahr und Sommer kräftiger wachsen.

Daß Caesalpin aber nicht die entfernteste Ahnung von der Bedeutung der Blätter für die Ernährung der Pflanzen hatte, geht unzweifelhaft aus seiner Wiederholung des aristotelischen Satzes hervor, daß die Blätter nur zum Schutz der jungen Sprosse und Früchte gegen Luft und Sonnenlicht zu betrachten sind, ein Satz, der offenbar nicht durch Speculation gewonnen war, sondern direct aus den Weingärten eines von heißem Sonnenschein getroffenen Landes stammte.

2.

Erste inductive Versuche und Eröffnung neuer Gesichtspuncte für die Theorie der Pflanzenernährung.

Was Aristoteles und seine Schule, auch Caesalpin nicht ausgenommen, über die Lebensäußerungen der Pflanzen zu sagen wußten, stützte sich auf die alltäglichsten Wahrnehmungen, deren

keine bezüglich ihrer thatsächlichen Richtigkeit kritisch genauer geprüft war und die Mehrzahl der physiologischen Sätze war überhaupt nicht aus Beobachtungen an Pflanzen abgeleitet, sondern aus philosophischen Principien und vorwiegend aus Analogieen mit den Thieren.

Sollte eine wissenschaftliche Behandlung der Ernährungslehre zu Stande kommen, so mußte vor Allem das Erfahrungsmaterial bereichert und kritisch behandelt werden. Es bedurfte, um hierbei sofort auf Widersprüche gegen die alte Philosophie zu stoßen, nicht einmal schwieriger Beobachtungen oder Experimente; es genügte vielmehr, die Dinge sich etwas genauer anzusehen und unbefangener aufzufassen, als es die Alten gethan hatten.

Auf diese Art kam schon Jungius dazu, einem wichtigen Punct der aristotelischen Ernährungslehre zu widersprechen. Im zweiten Fragment seiner de plantis doxoscopiae physicae minores findet sich eine Bemerkung, welche offenbar gegen den aristotelischen Satz, daß die Pflanzen ihre Nahrung völlig zubereitet aus der Erde aufnehmen und daher auch keine Excremente von sich geben [1]), gerichtet ist. Die Pflanzen, sagt Jungius in Uebereinstimmung mit Aristoteles, scheinen einer denkenden Seele (anima intelligente), welche die zuträgliche Nahrung von der unzuträglichen zu unterscheiden wüßte, nicht zu bedürfen. Aristoteles hatte ihnen eben deßhalb die völlig zubereitete Nahrung schon in der Erde entstehen lassen. Ganz anders faßt Jungius, gestützt auf thatsächliche Wahrnehmungen, die Sache auf. Zunächst sei es möglich, sagt er, daß die aufsaugenden Oeffnungen der Wurzeln so organisirt sind, daß sie nicht jede Art von Saft eintreten lassen und wer wolle sagen, daß die Pflanzen die Eigenthümlichkeit besäßen, überhaupt nur das ihnen Nützliche anzuziehen, denn sie haben ebenso, wie die anderen lebenden Wesen ihre Ausscheidungen, welche durch Blätter, Blüthen und Früchte ausgehaucht werden. Zu diesen rechnet er aber auch die Harze

---

[1]) Vergl. Fragmente aristotelischer Phytologie in Meyer's Gesch. d. Bot. I. p. 120.



und sonstigen austretenden Flüssigkeiten und endlich könne es geschehen, daß wie bei den Thieren, ein großer Theil des Saftes durch unmerkliche Ausdunstung entweiche.

Nach der Ansicht des Aristoteles war die Pflanze selbst bei ihrer Ernährung ganz passiv und unthätig; da ihr die vollkommen zubereitete Nahrung von der Erde dargeboten wurde, so war das Wachsthum gewissermaßen ein bloßer Krystallisationsproceß ohne chemische Veränderung. Mit dem Hinweis auf die Bildung von Exkreten schrieb Jungius dagegen der Pflanze eine chemische Thätigkeit zu, und die Annahme, daß die Organisation der Wurzel schon den Eintritt gewisser Stoffe hindert, den anderer begünstigt, räumte er der Pflanze eine Mitwirkung bei ihrer Ernährung ein, ohne daß sie dazu einer denkenden Seele bedurfte.

In noch viel schärferem Gegensatz zur aristotelischen Lehre stellte sich ein Zeitgenosse des Jungius, der Arzt und Chemiker **Johann Baptist van Helmont** [1]). Indem er die vier Elemente derselben überhaupt verwarf, betrachtete er als einen Hauptbestandtheil aller Dinge das Wasser; namentlich ließ er aus diesem alle Bestandtheile der Vegetabilien, sowohl die verbrennlichen, wie auch die mineralischen derselben (die Asche) entstehen. Während also Aristoteles die Bestandtheile der Pflanzen schon fertig vorgebildet durch das Wasser eingeführt werden ließ, schrieb van Helmont im Gegentheil der Pflanze die Fähigkeit zu, aus Wasser die allerverschiedensten Stoffe zu erzeugen. Es wäre nicht gerade nöthig, auf diesen, dem alchymistischen Standpunct entsprungenen Widerspruch gegen die alte Lehre hinzuweisen, wenn nicht van Helmont versucht hätte, seine Ansicht experimentell zu begründen; es kam so der erste zu wissenschaftlichem Zweck unternommene Vegetationsversuch zu Stande, von dem wir überhaupt Nachricht haben, der auch noch von viel späteren Pflanzenphysiologen

[1]) J. B. van Helmont geb. zu Brüssel 1577, gest. zu Villvorde bei Brüssel 1644, war einer der Hauptvertreter der Jatrochemie, über dessen Leben und Wirken Kopp (Gesch. d. Chemie 1843 I. p. 117 f. f.) ausführlich berichtet.

vielfach citirt und theoretisch ausgebeutet wurde. Er brachte in einen Topf ein Quantum Erde, welches scharf getrocknet 200 Pfund wog; ein Weidenzweig von 5 Pfund Gewicht wurde hineingepflanzt, der Topf durch einen Deckel vor Staub geschützt und täglich mit Regenwasser begossen. Nach fünf Jahren fand sich, daß die Weide groß und stark geworden war und um 164 Pfund an Gewicht zugenommen hatte, obgleich die Erde im Topf wieder getrocknet nur einen Verlust von zwei Unzen ergab. Aus dem Erfolg dieses Versuches schloß van Helmont, daß die beträchtliche Gewichtszunahme der Pflanze ganz auf Kosten des Wassers erfolgt sei, daß also auch die vom Wasser ganz verschiedenen Pflanzenstoffe aus diesem entstanden seien.

Die von Jungius und van Helmont gegen die aristotelische Lehre erhobenen Einwürfe blieben indessen zunächst vereinzelt und unfruchtbar. Von ganz anderer Seite her erhielt jedoch die Pflanzenphysiologie einen Anstoß zu neuen Forschungen, der noch bis tief in das 18. Jahrhundert hinein nachwirkte. Diesen Anstoß gab die Aufstellung des Satzes, daß in den Pflanzen nicht bloß ein von den Wurzeln aufgenommener Nahrungssaft zu den Blättern und Früchten emporsteige, sondern daß auch eine entgegengesetzte Bewegung desselben in der Rinde stattfinde. Dieser Gedanke trat jedoch von vornherein in zwei Modificationen auf. Die einen nahmen, offenbar gestützt auf die Analogie des Blutkreislaufs in den Thieren an, daß auch in den Pflanzen ein wirklicher Kreislauf des Saftes stattfinde; andere dagegen begnügten sich mit der Annahme, daß, während im Holz der von den Wurzeln aufgenommene wässrige Saft emporsteigt, in der Rinde, den Milchsaftgefäßen und Harzgängen ein zubereiteter wachsthumsfähiger Saft sich bewege. Beide Ansichten wurden später vielfach verwechselt und indem man die erstere widerlegte, glaubte man auch die andere beseitigt zu haben. Es scheint, daß der aus Breslau stammende Arzt **Johann Daniel Major** [1]),

[1]) J. D. Major geb. zu Breslau 1639, gest. zu Stockholm 1693, wird sowohl von Christian Wolff wie von Reichel (De vasis plantarum

Professor in Kiel, 1665 zuerst den Gedanken ausgesprochen habe, daß in den Pflanzen ähnlich wie in den Thieren ein Kreislauf des Nahrungssaftes stattfinde. Die etwaige nähere Begründung seiner Hypothese ist mir jedoch nicht bekannt, da mir seine betreffende Schrift unzugänglich geblieben ist. Gewiß ist aber, daß seit dieser Zeit bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts die Circulation der Pflanzensäfte ein Lieblingsthema geblieben ist, mehr für diejenigen, welche sie bekämpfen, als für die, welche sie vertheidigen wollten.

Der bessere Gedanke, daß nicht nur überhaupt eine rückläufige Bewegung von Stoffen gegen die Wurzel hin stattfinde, daß vielmehr die Blätter die Organe sind, welche die zum Wachsthum nöthigen Stoffe aus dem ihnen zugeführten Rohmaterial erzeugen, wurde schon 1771 von Malpighi in Form einer wohldurchdachten Theorie ausgesprochen. In seiner anatomes plantarum idea vom genannten Jahr widmet er die letzten Seiten einer kurzen Darstellung der Ernährungstheorie, wie er sich dieselbe zurecht gelegt hatte. Als die Leitungsorgane des von den Wurzeln aufgenommenen Nahrungssaftes betrachtete Malpighi die faserigen Bestandtheile des Holzes, wogegen er die Gefäße desselben als luftführende Organe in Anspruch nahm, die er wegen ihrer Aehnlichkeit mit den Tracheen der Insekten auch zuerst als Tracheen bezeichnete. Woher die Luft in ihnen komme, ob sie von den Wurzeln aus der Erde, oder von den Blättern aus der Atmosphäre aufgenommen werde, blieb ihm zweifelhaft, da es ihm nicht gelang, weder dort noch hier Oeffnungen zum Eintritt der Luft aufzufinden; doch hielt er es für wahrscheinlicher, daß die Luft von den Wurzeln aufgenommen werde, weil diese reich an Tracheen sind und die Luft ohnehin

1758 p. 4) und anderen als Begründer der Cirkulationshypothese citirt, die er in seiner dissertatio botanica de planta monstrosa Gottorpiensi etc. 1665 vortrug. Kurt Sprengel (Gesch. d. Bot. II. p. 7 führt ihn übrigens unter den Vertheidigern der Palingenesie auf, eines Aberglaubens, der die Wiederherstellung der Pflanzen und Thiere aus ihrer Asche annahm und so die Auferstehung der Todten bewies.



ein Streben habe, aufwärts zu steigen. Neben jenen Flüssigkeit führenden Fasern und den luftführenden Tracheen des Holzes betonte er aber auch die Existenz besonderer Gefäße, welche bei manchen Pflanzen eigenartige Säfte führen, wie die Milchgefäße, Gummi- und Terpentingänge.

Bezüglich der Bewegung der Säfte hebt er hervor, daß sich die Richtung derselben umkehren lasse, weil umgekehrt gepflanzte Sprosse an ihrem organisch oberen Ende Wurzeln in die Erde austreiben und zu Bäumen heranwachsen; wenn diese auch immerhin weniger kräftig gedeihen, so beweise das Experiment doch, daß die Bewegung des Nahrungssaftes in umgekehrter Richtung stattfinde.

Nach diesen vorbereitenden Bemerkungen geht er zu dem Nachweis über, daß die rohen Nahrungssäfte erst in den Blättern diejenige Veränderung erfahren, durch welche sie zur Unterhaltung des Wachsthums befähigt werden. Die Art, wie Malpighi zu dieser Ansicht gelangt, ist ebenso einfach wie originell. Die Cotyledonen der Keimpflanzen erkennt er als ächte Blätter (in leguminibus seminalis caro, quae folium est conglobatum), was besonders bei dem Kürbiß, wo die Cotyledonen zu großen grünen Blättern auswachsen, einleuchte. Durch die Keimwurzel wird denselben Flüssigkeit zugeführt, von den in ihnen enthaltenen Stoffen aber geht ein Theil in die Keimknospe, um diese zum Wachsthum zu veranlassen, denn ihr Wachsthum unterbleibt, wenn die Cotyledonen weggenommen werden; da diese letzteren nun Blätter sind, so folgert Malpighi, daß auch alle übrigen Blätter zu dem Zweck vorhanden sind, damit der in ihren Zellen enthaltene Nahrungssaft, den die Holzfasern herbeigeführt haben, daselbst zubereitet werde (excoquatur). Die in den zahlreichen Anastomosen der Fasern auf ihrem langen Wege gemischte Feuchtigkeit, werde in den Blättern durch die Kraft der Sonnenstrahlen verändert und mit dem in den Zellen schon vorhandenen Safte gemischt, wodurch eine neue Verbindung der Bestandtheile hervorgebracht wird, indem zugleich Transspiration stattfindet, was er mit gewissen Vorgängen im Blut der Thiere vergleicht.

Man sieht, wie nahe Malpighi's Ansicht über die Bedeutung der Blätter für die Ernährung an die Wahrheit streift, in der That so nahe, als es bei dem damaligen Zustand chemischer Kenntnisse überhaupt möglich war. Malpighi erweiterte diese Ansicht jedoch, gestützt auf anatomische Ergebnisse und wenn er dabei auch etwas ganz Richtiges traf, daß nämlich das Rindenparenchym ähnlich dem der Blätter wirke, so ging er freilich zu weit, wenn er auch das farblose, bloß zur Aufbewahrung assimilirter Stoffe dienende Parenchym dem der Blätter gleichsetzte. Er sagt nämlich, man müsse nun auch eine den Blattzellen ähnliche Natur den entsprechenden Zellen der Rinde und denjenigen zuschreiben, welche im Holz transversal gelagert sind (den Markstrahlen und Rindenstrahlen), es sei nicht irrationell, daß in diesen Schläuchen die Pflanzennahrung zubereitet und aufbewahrt werde. Indem er Zubereitung und bloße Aufbewahrung nicht scharf sondert, schreibt er eine ähnliche Funktion, wie den Blättern, auch dem Parenchym des Fruchtfleisches und der Zwiebelschalen zu; aus dem Austreiben abgehauener Baumstümpfe und anderer Pflanzentheile schließt er, daß sie mit Reservestoffen gefüllt sind (asservato humore turgent).

Daß die Gefäße des Holzes wesentlich luftführende Organe sind, daß in den Blättern der rohe Nahrungssaft erst für das Wachsthum vorbereitet, daß solcher Saft in verschiedenen Theilen aufbewahrt wird, während die faserigen Elemente des Holzes die von der Wurzel aufgenommenen rohen Nahrungsstoffe bis in die Blätter hinaufführen, das waren also die wesentlichen Puncte in Malpighi's Ernährungstheorie vom Jahre 1671. Von einer Circulation der Säfte, welche der Blutcirculation vergleichbar wäre, findet sich hier Nichts, obgleich ihm später vielfach eine solche Ansicht untergeschoben wurde. Davon geben auch noch die weiteren Betrachtungen Malpighi's Zeugniß; während er nicht zweifelhaft darüber war, in welchen Elementarorganen der aufsteigende Nahrungssaft sich bewege, mußte er sich auf bloße Vermuthungen beschränken, betreffs der Wege, auf denen der im Zellgewebe der Blätter, der Rinde und überhaupt

des Parenchym's zubereitete Nahrungssaft fortgeführt werde. Ueber die Richtung aber war er nicht im Zweifel, er nahm vielmehr an, daß dieser Saft sowohl abwärts durch den Stamm in die Wurzeln dringe, als auch aufwärts in den Zweigen oberhalb der Blätter und zu den Früchten hin; Malpighi hatte somit eine richtigere Vorstellung von der Bewegung der assimilirten Stoffe als die Mehrzahl seiner Nachfolger, welche den sehr unpassenden Ausdruck: „absteigender Saft" einführten. Er hielt es ferner für wahrscheinlich, daß der zubereitete Nahrungssaft in den Bastbündeln fortgeleitet werde,[1]) ohne jedoch einen continuirlichen Zu- und Abfluß zu haben (absque perenni et considerabili fluxu et refluxu); daß er in den Milchsaftgefäßen gewissermaßen stagnire und je nach Bedürfniß, durch Transspiration und äußere Einflüsse veranlaßt, zuweilen auch in höhere Theile sich bewege, wodurch Wachsthum und Ernährung unterhalten wird. Auch diese letzteren Bemerkungen sind besser als Vieles, was im 18., selbst im 19. Jahrhundert über die Saftbewegung der Pflanzen gesagt worden ist und jedenfalls beweisen sie, daß es ein großes Mißverständniß war, wenn, wie es später häufig geschah, Malpighi als ein Vertheidiger der Saftcirculation im Sinne Major's bezeichnet wurde.

Malpighi hat seine, schon 1671 im Zusammenhang kurz dargestellte Theorie in der ausführlicheren Bearbeitung der Phytotomie von 1674 im Einzelnen weiter begründet; namentlich legte er Werth auf seine Entdeckung, daß die Pflanzen gleich den Thieren der Luft zur Athmung bedürfen und daß die Gefäße des Holzes den Tracheen der Insekten und den Lungen der übrigen Thiere ihrer Function nach entsprechen. Ebenso kommt er wiederholt auf die Bedeutung der Blätter als der Zubereitungsorgane des Nahrungsstoffes zurück.

Wenn man Malpighi's Ernährungstheorie der Pflanzen mit den Ansichten seiner Vorgänger vergleicht, so muß man an-

---

[1]) In mediis vasculis reticularibus, was im Zusammenhang mit seinen histologischen Darstellungen wohl als Bastbündel aufgefaßt werden muß.

erkennen, daß hier etwas ganz Neues geschaffen war, woran die aristotelische Lehre keinerlei Antheil mehr hatte. Hätten Malpighi's Nachfolger das Wesentlichste und Wichtigste seiner Lehre begriffen und sich bestrebt, durch Experimente an der lebenden Pflanze sie durch neue Thatsachen zu stützen und zu klären, so wäre man von zahlreichen Irrthümern und Verirrungen, welche sich später einnisteten und die Ernährungslehre zu einem wahren Chaos von Mißverständnissen machten, verschont geblieben. Mit dem schon mehrerwähnten Mißverständniß, als ob Malpighi, ähnlich wie Major und später Perrault eine continuirliche Circulation der Pflanzensäfte angenommen habe, mußte sich nothwendig eine unrichtige Auffassung der Blattfunction verbinden; ja diese letztere wurde später vielfach ganz vernachlässigt oder vorwiegend in der Transspiration gesucht, indem man ihre chemische Arbeit ganz übersah.

In Malpighi's Ernährungstheorie ist von der chemischen Natur der pflanzlichen Nahrungsstoffe kaum die Rede; sie beschäftigt sich wesentlich mit der Bedeutung der Organe für die Hauptmomente der Ernährung; ihre Grundlagen sind vorwiegend anatomischer Natur. Grew, der im Wesentlichen Malpighi's Theorie adoptirte, ohne sie jedoch durch seine weitläufigen Diskussionen über einzelne Fragepuncte zu fördern, versuchte zwar die chemische Seite der Pflanzenernährung weiter zu kultiviren; indem er dabei jedoch ganz in der Anschauungsweise der Cartesianischen Corpusculartheorie sich bewegte und die chemischen Vorgänge so zu sagen construirte, dabei aber das principiell Wichtige meist übersah, gelang es ihm nicht, Etwas zu Tage zu fördern, was für die weitere Entwicklung der Ernährungslehre förderlich sein konnte. Gerade in dieser Beziehung aber sind die Ideen eines Mannes von großem Interesse, dessen Namen gegenwärtig nur Wenige in der Geschichte der Pflanzenphysiologie suchen werden. Es ist Mariotte [1]), der Entdecker des bekannten

---

[1]) Edme Mariotte's Geburtsjahr ist unbekannt; er stammte aus Bourgogne und wohnte zur Zeit seiner ersten wissenschaftlichen Arbeiten in

Gesetzes der Gase, einer der bedeutendsten Physiker in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts, der auch die menschliche Physiologie mit werthvollen Entdeckungen bereichert hat. Uns ist ein Brief Mariotte's an einen Herrn Lantin vom Jahre 1679 erhalten, der sich in den Oeuvres de Mariotte (Leyden 1717) unter dem Titel: Sur le sujet des plantes, als ziemlich umfangreiche Abhandlung vorfindet. Es ist in hohem Grade lehrreich, aus diesem Briefe zu erfahren, wie einige Jahre nach Malpighi's epochemachendem Werk und ungefähr gleichzeitig mit der Herausgabe von Grew's Phytotomie einer der berühmtesten und geistreichsten Physiker über die chemischen Vorgänge und Bedingungen der Pflanzenernährung dachte. Daß Mariotte dabei nur ganz nebensächlich und oberflächlich auf die feinere Struktur der Pflanzen Rücksicht nimmt, ist beinahe selbstverständlich; dafür entschädigt uns aber die Hervorhebung des principiell Wichtigen und Neuen, was sich damals über die chemische Seite der Ernährungsvorgänge der Pflanzen sagen ließ. Ueber die „Elemente" oder „Principien" der Pflanzen stellt Mariotte drei Hypothesen auf, deren erste in der Annahme liegt, daß es viele unmittelbare Principien (princips grossiers et visibles, offenbar was wir nähere Bestandtheile nennen würden) der Pflanzen giebt, wie das Wasser, den Schwefel oder das Oel, das gemeine Salz, den Salpeter, das flüchtige Salz oder Ammoniak, einige Erden u. s. w.; und daß diese unmittelbaren Bestandtheile selbst wieder zusammengesetzt sind aus drei oder vier einfacheren Principien, die sich mit einander verbunden haben; der Salpeter z. B. habe sein Phlegma oder geschmackloses Wasser, seinen Spiritus, sein fixes Salz u. s. w.; ebenso habe das gemeine Salz dieselben Bestandtheile und man könne mit viel Wahrscheinlichkeit annehmen, daß auch diese einfacheren

Dijon. Er war Geistleicher und wurde Prior von St. Martin sous Beaune bei Dijon; der Akademie der Wiss. zu Paris gehörte er seit deren Gründung 1666 an; er war einer der Ersten, die sich in Frankreich der experimentirenden Physik widmeten und die Mathematik auf dieselbe anwandten. Er starb zu Paris 1684 (Biogr. univ.)

32*

Principien noch aus einigen, unter sich verschiedenen Theilen zusammengesetzt sind, die jedoch ihrer Kleinheit wegen durch kein Mittel der Kunst, ihrer Figur oder sonstigen Eigenschaften nach, zu erkennen sind. Nachdem er weiter gezeigt, wie sich gewisse Principien mit einander verbinden, fährt er fort, er wolle denselben durchaus nicht etwa ein Bewußtsein (connaissance) zu schreiben, durch welches sie sich zu vereinigen suchen; er glaube vielmehr, daß sie eine natürliche Disposition besitzen, sich reciprok gegen einander zu bewegen und in Folge dessen sich genau zu verbinden, sobald sie einander berühren; obgleich es sehr schwierig sei, die Art dieser Disposition zu bestimmen, genüge es doch zu wissen, daß sich in der Natur viele Beispiele derartiger Bewegungen finden: so bewegen sich die schweren Körper gegen das Centrum der Erde, das Eisen gegen den Magneten; und diese Bewegungen seien kaum schwieriger zu begreifen, als die der Planeten in ihren Kreisen oder diejenigen der Sonne um ihre eigene Axe, oder die Bewegung des Herzens in einem lebenden Thiere. Mit dieser ersten Hypothese stellt sich Mariotte, im Gegensatz zu der damals noch vielfach unter Botanikern und Physiologen herrschenden aristotelischen Lehre mit ihren Entelechieen und Zweckbegriffen, ganz auf den Boden der modernen Naturwissenschaft mit ihrer atomistischen Grundlage und der Annahme nothwendig wirkender Anziehungskräfte.

Mariotte's zweite Hypothese betrifft nun im Specielleren die chemische Natur der Pflanzen selbst; er nimmt an, daß mehrere seiner principes grossiers in jeder Pflanze enthalten sind und zunächst sucht er die Herkunft derselben nachzuweisen: die Luftstäubchen, sagt er, die durch den Blitz verbrannt, nach Schwefel riechen, werden von meteorischem Wasser in die Erde geführt und nebst Theilen derselben in die Pflanze aufgenommen. Ferner ergebe die Destillation bei allen Pflanzen Wasser, welches die Chemiker Phlegma nennen, außerdem Säuren und Ammoniak, und wenn man den Destillationsrückstand verbrennt, so bleibe Asche übrig, aus der man eine geschmacklose, in Wasser nicht lösliche Erde und fixe Salze gewinnt, die sich unter einander

durch Mengung von mehr oder weniger saurem und ammoniakalischem Geist oder anderer unbekannter Principien, die das Feuer nicht verflüchtigen konnte, unterscheiden. Man brauche sich nicht zu wundern, daß man diese Principien in den Pflanzen finde, da diese ihre Nahrung aus der Erde ziehen, welche dieselbe enthält. — Man sieht, wie groß der Fortschritt auf diesem Gebiet seit der Zeit war, wo van Helmont durch seinen Vegetationsversuch glaubte bewiesen zu haben, daß alle Pflanzenstoffe aus reinem Wasser entstehen.

Aber noch galt es, einer damals verbreiteten Ansicht über die Herkunft der Pflanzenstoffe entgegen zu treten, welche ebenfalls noch aus dem Inventar der aristotelischen Begriffe übrig geblieben war. Man nahm nämlich an, daß die Stoffe, aus denen die Pflanze sich aufbaut, schon als solche in der Erde enthalten sind und nur einfach von den Wurzeln aufgenommen zu werden brauchen. Aristoteles selbst hatte ausdrücklich gesagt: „Alles ernährt sich von dem, woraus es besteht, und Alles ernährt sich von Mehrerem; auch was sich nur von Einem zu nähren scheint, wie die Pflanzen von Wasser, ernährt sich von Mehrerem, denn Erde ist mit dem Wasser gemischt; daher auch die Landleute mit Mischungen zu begießen pflegen." Dieser Satz könnte noch Zweifel übrig lassen, wenn wir nicht noch den andern fänden: „Wieviel Geschmäcke in den Fruchthüllen, soviel walten offenbar auch in der Erde. Daher auch viele der alten Physiologen sagten, sovielartig sei das Wasser, wie der Boden, durch den es rinne." [1]) Diese Sätze zusammengehalten mit den schon früher citirten zeigen, daß Aristoteles die zum Wachsthum der Pflanzen nöthigen Stoffe, wie auch bereits früher hervorgehoben, fertig gebildet aus der Erde in die Pflanzen gelangen ließ, eine Ansicht, die sich nicht nur bis auf Mariotte's Zeit erhalten hat, sondern sogar jetzt noch bei physiologisch Ungebildeten fortlebt. Es ist nun interessant zu sehen, wie Mariotte das

---

[1]) Vergl. Fragmente der aristotelischen Phytologie in Meyers Gesch. d. Bot. I. p. 119 u. 125.

Unzutreffende, ja Gedankenlose dieser Auffassung schlagend darthut, ohne dabei irgend eine neue Entdeckung zu Hülfe zu nehmen. In seiner dritten Hypothese nämlich behauptet er, daß die Salze, Erden, Oele u. s. w., welche die verschiedenen Pflanzenarten durch die Destillation ergeben, immer dieselben sind, und daß die Unterschiede nur von der Art der Vereinigung dieser principes grossiers und ihrer einfachsten Theile oder auch von ihrer Trennung herrühren, was er folgendermaßen beweist: Wenn man eine Bonchretien-Biene auf eine wilde pfropft, so erzeugt derselbe Saft, der auf der letzteren schlechte Birnen bringt, auf dem Pfropfreis gute wohlschmeckende Birnen. Pfropfe man auf letzteres wieder ein Reis der Waldbirne, so trage dieses abermals schlechte Früchte. Dieses zeige nun, daß derselbe Saft des Stammes in jedem Pfropfreis verschiedene Eigenschaften annimmt. Noch schlagender aber ist sein Nachweis dafür, daß die Pflanzen ihre Substanz nicht direct aus der Erde nehmen, sondern sie durch chemische Prozesse selbst erzeugen. Nehmt einen Topf, sagt er, mit 7—8 Pfund Erde und säet in diese eine ganz beliebige Pflanze; sie wird in dieser Erde und in dem darauf gefallenen Regenwasser alle Principien vorfinden, aus denen sie bei der Reife zusammengesetzt ist. Man kann jedoch 3000 oder 4000 verschiedene Pflanzenarten in diese Erde säen; wenn nun ihre Salze, Oele, Erden bei jeder Pflanzenspecies von verschiedener Art wären, so müßten alle diese Principien in dem kleinen Quantum Erde und Regenwasser, welches in drei bis vier Monaten darauf fällt, enthalten sein, was unmöglich ist; denn jede dieser Pflanzen würde im reifen Zustand wenigstens ein Gros fixes Salz und zwei Gros Erde ergeben und alle diese Principien zusammen mit denen, welche mit dem Wasser gemengt sind, würden wenigstens zwei bis drei Unzen wiegen, was multiplicirt mit der Zahl von 4000 Pflanzenarten ein Gewicht von 500 Pfund ergeben würde.

Diese Erwägungen stützen sich ebenso, wie die des Jungius und in der Hauptsache auch die des Malpighi auf Thatsachen, die dem Alterthum im Ganzen ebensogut, wie dem 17. Jahr-

hundert bekannt waren; nur hatte sich eben früher Niemand mit derartigen Erwägungen befaßt, welche an sich vollkommen hinreichten, die aristotelische Lehre von der Pflanzenernährung zu beseitigen.

Im zweiten Theil seines Briefes beschäftigt sich Mariotte mit den von der Ernährung abhängigen Vegetationserscheinungen; den Nährkörper des Samens vergleicht er mit dem Dotter der Thiere; den Eintritt des Wassers in die Wurzel mit dem Steigen desselben in capillaren Röhren; der Milchsaft wird als Nahrungssaft aufgefaßt, der mit dem arteriellen Blut zu vergleichen sei, während die anderen wässrigen Säfte dem venösen entsprechen. Ganz neu ist aber, was Mariotte über den Saftdruck sagt; er weist auf den hohen Druck hin, unter welchem der Saft in den Pflanzen steht, und folgert daraus, daß in der Pflanze Einrichtungen vorhanden sein müssen, welche dem Wasser zwar den Eintritt, nicht aber den Austritt gestatten. Das Vorhandensein des Saftdruckes selbst wird an dem Ausquellen verletzter Milchsaftpflanzen treffend demonstrirt und mit dem Druck verglichen, unter welchem das Blut in den Adern steht. Nicht minder treffend ist Mariotte's weitere Folgerung, daß der Saftdruck die Wurzeln, Zweige und Blätter ausdehne, also zu ihrem Wachsthum beitrage. Der Saft, setzt er hinzu, würde nicht unter diesem Drucke stehen können, wenn er nicht durch Poren einträte, welche ihm den Rücktritt verwehren. In diesen Bemerkungen lagen die ersten Keime theoretischer Betrachtungen über das Wachsthum der Pflanzen, denen wir in etwas anderer Form noch einmal bei Hales begegnen werden, die aber bei der geringen Entwicklung der Phytotomie einer weiteren Ausbildung noch nicht fähig waren und erst von mir wieder, wenn auch von anderen Gesichtspuncten ausgehend, aufgenommen worden sind.

Daß der primäre Saft nicht nur durch die Wurzeln, sondern auch durch die Blätter eindringe, schloß Mariotte daraus, daß der eine Zweig eines größeren Astes einige Tage lang frisch bleibt, wenn der andere Zweig desselben in Wasser taucht, ein,

wie die Zukunft lehrte, nicht ganz gerechtfertigter Schluß. Was er über die Nothwendigkeit des Sonnenlichts zur Ernährung über das Reifen der Früchte und Anderes sagt, stützt sich auf sehr unvollständige Erfahrung und kann hier übergangen werden.

Das Charakteristische und Bedeutende in Mariotte's Ernährungstheorie der Pflanzen ist der entschiedene Gegensatz seines naturwissenschaftlichen Standpunctes gegen die damals noch viel verbreiteten, aristotelischen und scholastischen Ansichten und in diesem Sinne erklärt er auch der aristotelischen Pflanzenseele den Krieg. Seine Betrachtungen über diese knüpft er an die ihn in Verwunderung setzende Thatsache, daß jede Pflanzenart ihre Eigenschaften so genau fortpflanzt; durch die Annahme einer Pflanzenseele, von der man nicht wisse, was sie sei, werde für die Erklärung Nichts gewonnen. Ebenso entschieden aber spricht er sich auch gegen die schon damals verbreitete Evolutionstheorie aus. Gegenüber der Annahme, daß in den Pflanzensamen schon alle künftigen Generationen in einander geschachtelt seien, findet er es viel wahrscheinlicher, daß sie nur die wesentlichen Stoffe enthalten und daß durch deren Einwirkung auf den rohen Nahrungssaft die übrigen Pflanzenstoffe successive entstehen, was wir auch jetzt noch als durchaus zutreffend gelten lassen dürfen. Indem Mariotte den ganzen Ernährungs- und Lebensprozeß der Pflanzen als ein Spiel physischer Kräfte, als Vereinigung und Trennung einfacher Stoffe betrachtet, glaubt er nun auch, als nothwendige Folgerung aus dieser Annahme die damals allgemein angenommene Urzeugung physikalisch beweisen zu können. Hier machte sich jedoch der Mangel hinreichender und kritisch gesichteter Erfahrung geltend, denn er hielt es für einen Beweis der Generatio spontanea, wenn aus dem Boden trocken gelegter Sümpfe und ausgeworfener Gräben zahlreiche Pflanzen hervorsprossen. „Man kann also annehmen, sagt er, daß es in der Luft, im Wasser und in der Erde unendlich viele Körperchen giebt, welche so geartet sind, daß zwei oder drei durch ihre Verbindung den Anfang einer Pflanze bilden können und den Samen einer solchen darstellen, wenn sie eine ihrem Wachsthum günstige Erde vorfinden.

Es sei aber nicht glaublich, daß dieser kleine Complex alle Zweige, Blätter, Früchte und Samen dieser Pflanze schon enthalte und noch weniger, daß in diesem Samen schon alle die Zweige, Blätter, Blüthen u. s. w. enthalten seien, welche in infinitum aus dieser ersten Keimung hervorgehen." Als Beweis dagegen führt er an, daß aus den Blüthenknospen eines Rosenstockes nach völliger Entlaubung desselben im nächsten Jahr nur Laubsprosse hervorkamen, daß also die Blüthen in jenen Knospen nicht präformirt gewesen seien und dasselbe sei daraus zu folgern, daß die Samen eines und desselben Obstbaumes oder einer Melone durch Variation verschiedene Nachkommen erzeugen, ein Beweis gegen die Evolutionstheorie, der viel zutreffender ist, als das Meiste, was vor Koelreuter's Bastardirungen gegen dieselbe gesagt wurde.

Auch anderen Vorurtheilen seiner Zeit trat Mariotte mit guten Gründen entgegen. Die sogenannten virtutes der Pflanzen, d. h. ihre medicinischen Wirkungen, spielten damals nicht nur in der Botanik, sondern noch mehr in der Medicin und Chemie eine große Rolle. Nach Abfertigung der alten Theorie von Wärme und Kälte, Feuchtigkeit und Trockenheit, welche den Pflanzen als wesentlich immanente Eigenschaften ihrer Substanz zugeschrieben wurden, und aus welchen man ihre vermutheten medicinischen Wirkungen erklärte, weist er darauf hin, daß Giftpflanzen in demselben Boden neben unschädlichen wachsen, woraus zu folgern sei, daß, wie er schon vorher bewiesen, die verschiedenen Pflanzen ihre eigenthümlichen Stoffe nicht direct aus dem Boden aufnehmen, sondern sie durch Trennung und Vereinigung der allgemeinen Principien erst erzeugen. Schließlich erklärte er sich auch noch gegen einen der gröbsten aus dem 16. Jahrhundert stammenden Irrthümer, gegen die signatura plantarum, nach welcher man die medicinische Wirksamkeit der Pflanzen aus ganz äußerlichen Merkmalen, zumal aus Aehnlichkeiten ihrer Organe mit Organen des menschlichen Körpers glaubte ableiten zu können. Mariotte dringt darauf, daß man die medicini-

schen Wirkungen der Pflanzen durch experimentirende Anwendung derselben an Kranken konstatire.

Mariotte's Brief, dessen wesentlichsten Inhalt ich hier mitgetheilt habe, giebt uns ein lebhaftes Bild von den in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts über das Pflanzenleben verbreiten Ansichten und zeigt zugleich, wie ein hervorragender Naturforscher, der sich auf die Principien der neueren Philosophie stützte und die bekannten Thatsachen scharfsinnig zu verwenden wußte, jenen veralteten, auf Vorurtheil und Gedankenlosigkeit beruhenden Irrthümern entgegentrat. Nehmen wir, was Malpighi vorwiegend auf phytotomischen Grundlagen über die innere Oekonomie der Pflanzen sagte, zusammen mit den chemisch physikalischen Erörterungen Mariotte's, so haben wir eine vollkommen neue Theorie der Pflanzenernährung, welche der aristotelischen nicht nur gänzlich entgegengesetzt, sondern auch durch einen viel größeren Reichthum an Gedanken und durch scharfsinnigere Combination als diese ausgezeichnet ist.

In der That hatten Malpighi und Mariotte alle diejenigen Principien der Ernährungstheorie aufgefunden, welche bei dem damaligen Zustand der Phytotomie und Chemie überhaupt gefunden werden konnten; namentlich hatte es Mariotte verstanden, aus den schwankenden chemischen Kenntnissen seiner Zeit gerade das Beste zur Erklärung der Vegetationserscheinungen zu benutzen. Wie wenig die Chemie damals noch im Einzelnen zur Erklärung der Ernährungsvorgänge der Pflanzen beitragen konnte, zu einer Zeit, wo sie eben erst anfing, sich aus den Vorurtheilen der Jatrochemie frei zu machen, um dem Phlogiston anheimzufallen, wie wenig die Methoden gerade zur Untersuchung organischer Körper damals noch ausgebildet war, darüber findet man viel Belehrendes in einem kleinen 1676 und zum zweiten Mal 1679 herausgegebenem Buche: Mémoires pour servir à l'histoire des plantes, welches zwar von Dobart herausgegeben, aber von sämmtlichen Mitgliedern der Pariser Akademie zusammengestellt und gebilligt worden ist. Es enthält nicht Untersuchungsresultate, sondern ein ausführliches Programm, nach

welchem das Pflanzenreich allseitig, namentlich auch chemisch untersucht werden sollte. Da heißt es z. B., man müsse die Pflanzen langsam verbrennen, damit die zerstörende und verwandelnde Gewalt des Feuers weniger Einfluß übe, auch spielen die virtutes plantarum eine große Rolle in der chemischen Untersuchung der Pflanzen und mit Blut mischte man Pflanzensäfte, um ihre Wirkungen zu erfahren! Noch 1685 leitete ein gewisser Debu in einer Abhandlung: De l'âme des plantes die Erzeugung und das Wachsthum der Pflanzen aus der Gährung und dem Aufbrausen der Säuren mit den Laugensalzen her, wie Kurt Sprengel berichtet. Erst durch den Vergleich mit diesen und ähnlichen Ansichten erkennt man die ganze hervorragende Bedeutung dessen, was Malpighi und Mariotte über die Ernährung der Pflanzen sagten und noch mehr zeigt sich ihr Scharfsinn darin, daß sie Manches nicht sagten, weil sie es offenbar für unbegründet hielten.

Malpighi's und Mariotte's Ansichten über die Pflanzenernährung wurden von ihren Zeitgenossen und Nachfolgern zwar vielfach citirt und beachtet; wie es aber leider bis auf die neuere Zeit gewöhnlich der Fall war, wurde auch schon damals das principiell Wichtige und Bedeutende über Nebendingen übersehen oder die Ansichten dieser klar denkenden Männer mit unbestimmten Vorstellungen und mißverstandenen Thatsachen vermengt, so daß längere Zeit ein wirklicher Fortschritt nicht stattfand, wenn auch immerhin verschiedene neue Thatsachen bekannt wurden. Es wurde schon früher hervorgehoben, daß Malpighi's richtige Ansicht von der Bedeutung der Blätter für die Ernährung später gewöhnlich mit Major's Circulationstheorie für gleichbedeutend genommen wurde und da man die letztere aus verschiedenen Gründen für unzutreffend hielt, so glaubte man damit auch Malpighi's Ansicht beseitigt zu haben. Denen gegenüber, welche in den Pflanzen ausschließlich einen im Holz aufsteigenden Saft annahmen, verdiente aber selbst die Circulationstheorie im Sinne Major's noch den Vorzug, da sie doch wenigstens geeignet war, gewissen Wachsthumserscheinungen Rech-

nung zu tragen. Einen neuen Vertreter fand dieselbe nun in Claude Perrault 1680, der jedoch wie es scheint [1]) den bündigen Argumenten Malpighi's für die Existenz eines rückkehrenden Saftes wesentlich Neues nicht hinzufügte. Noch weniger gelang es aber seinem Gegner Magnol in einer 1709 publicirten, sehr schwachen Abhandlung etwas Stichhaltiges gegen die Circulationstheorie, die er auch dem Malpighi zuschrieb, zu sagen.

Unter den Vegetationserscheinungen der Holzpflanzen ist kaum eine andere so auffallend, wie das Ausfließen wässrigen Saftes aus verwundeten Weinstöcken und manchen Baumstämmen im Frühjahr. Es konnte nicht fehlen, daß diese Erscheinung ebenso wie das Ausfließen des Milchsaftes, des Gummi's, der Harze u. s. w. von Denen mit lebhaftem Interesse beachtet wurde, welche sich im 17. Jahrhundert mit den Vegetationserscheinungen beschäftigten. Sind die Bewegungen des Wassers im Holz, der Milchsäfte u. s. w. in ihren Kanälen auch nicht nothwendige Begleiter der Ernährung der Pflanzen überhaupt, so lag es in jener Zeit doch nahe, gerade in ihnen auffallende Beweise der mit der Ernährung zusammenhängenden Saftbewegung zu finden und sie in diesem Sinne zu untersuchen. Auch konnte es scheinen, als ob es sich hier um ein leicht zu lösendes Problem handle, denn erst eine spätere Zeit lehrte, daß gerade hier die schwierigsten Fragen der Pflanzenphysiologie sich aufthun. Von dem lebhaften Interesse an diesen Dingen giebt uns eine Reihe brieflicher Mittheilungen Auskunft, welche in den Philosophical transactions vom Jahr 1670 enthalten sind [2]) und von Dr. Tonge, Francis Willoughby und besonders von Dr. Martin Lister herrühren. Es war jedoch gerade diejenige Erscheinung, welche so recht dazu angethan ist, das Verständniß der Wasserbewegungen in den

---

[1]) Seine Ansichten sind mir jedoch nur aus Magnol's Aufsatz in Histoire de l'Acad. roy. des sc. 1709 und Sprengel's Gesch. der Bot. II, 20 bekannt. Perrault's betreffende Abhandlung ist nach Pritzel's Thesaurus vom Jahre 1680, aber in den Oeuvres divers de Perrault 1721 publicirt.

[2]) Sie finden sich besonders l. c. p. 1165, 1201, 2067, 2119.

Holzpflanzen irre zu führen, nämlich das sogenannte Bluten der Bäume im Winter, dem diese Männer ihr Interesse vorwiegend zuwandten. Dieses Bluten des Holzes im Winter, welches von ganz wesentlich anderen Ursachen abhängt, als das Thränen des Weinstocks und anderer Holzpflanzen im Frühjahr, wurde mit eben dieser Erscheinung für identisch gehalten und so eine arge Begriffsverwirrung angerichtet. Zwar zeigte Martin Lister, daß man im kalten Winter an abgeschnittenen Aststücken durch künstliche Erwärmung Wasser aus dem Holz austreiben und dann durch Abkühlung dasselbe wieder einsaugen lassen kann, aber erst einem neueren Pflanzenphysiologen gelang es, den Nachweis zu liefern, daß diese Erscheinung mit dem durch den Wurzeldruck verursachten Bluten abgeschnittener Stöcke Nichts zu thun hat und zur Erklärung desselben nicht benutzt werden kann.

John Ray, der im ersten Band seiner historia plantarum 1693 Alles, was man über die Ernährung der Pflanzen bis dahin wußte, übersichtlich und recht verständig darstellte, theilte auch einige von ihm selbst gemachte Erfahrungen über die Bewegungen des Wassers im Holze mit. Dem Sprachgebrauche Grew's folgend, der den aufsteigenden Saft im Holz als Lymphe und dem entsprechend die Holzfasern als Lymphgefäße bezeichnete, hob Ray ausdrücklich hervor, daß die Lymphe namentlich im Frühjahr weder in Geschmack noch Consistenz von gemeinem Wasser zu unterscheiden sei. Mit Grew stimmte er auch darin überein, daß um diese Zeit die Lymphe auch die ächten Gefäßröhren des Holzes erfülle und auf Querschnitten aus ihnen hervorquelle, während sie im Sommer mit Luft gefüllt sind und die Lymphe zur Zeit der starken Transspiration der Holzpflanzen nur in den Lymphgefäßen, d. h. in den faserigen Elementen des Holzes und Bastes emporsteige. Durch geeignete Einschnitte in das Holz bewies Ray, daß die Lymphe auch seitwärts durch das Holz sich bewegen könne; auch hatte er den guten Gedanken, die Meinung derer, welche in den Hohlräumen des Holzes, namentlich in den Gefäßen, Klappen annahmen, die den Rücktritt der Lymphe verhindern sollten, dadurch zu wider-

legen, daß er Wasser durch beiderseits abgeschnittene Aststücke in den entgegengesetzten Richtungen hindurchfiltriren ließ. Schwach war dagegen, was er über die mechanischen Ursachen der Wasserbewegung im Holz zu sagen wußte.

Ueberhaupt wurde die Kenntniß derartiger Vegetationsvorgänge erst einige Jahrzehnte später durch Hales beträchtlich gefördert. Bevor wir jedoch auf dessen bedeutende und diesen Zeitraum abschließende Leistung übergehen, ist noch von einigen minder wichtigen Schriften zu berichten. Ziemlich unbedeutend war, was Woodward und Beale über die Transspiration und Wasseraufnahme im Interesse der Ernährungstheorie mittheilten. Des Ersteren Angabe, daß eine in Wasser wachsende Mentha in drei Monaten sechsundvierzigmal soviel Wasser aufnahm und durch die Blätter verdunstete, als sie in sich selbst zurückhielt, war vielleicht das Bedeutendste, was er an Thatsächlichem zu Tage förderte, wogegen seine eigenen Folgerungen daraus nichts Brauchbares darboten.

Keine von Malpighi's Lehren hatte ihrerzeit soviel Aufsehen gemacht, wie die, daß in den Spiralgefäßen des Holzes ähnlich wie in den Tracheen der Insekten die zur Athmung der Pflanzen nöthige Luft sich bewege; während ihm Grew und später Ray in der Hauptsache beistimmten, wagte dagegen sein Landsmann Sbaraglia 1704 sogar die Existenz derartiger Gefäße zu leugnen und bald gerieth die Phytotomie so sehr in Verfall, daß die Frage, ob es überhaupt Gefäße, oder wie man es damals nannte, Spiralgefäße gebe, wiederholt bald bejaht und bald verneint wurde, und schließlich fand man es zweckmäßiger im Interesse der physiologischen Fragen, statt des Mikroskops, das Experiment zu Rathe zu ziehen. So versuchte schon 1715 Nieuwentyt mit Hülfe der Luftpumpe die in den Gefäßen enthaltene Luft unter Flüssigkeit in sichtbarer Weise austreten zu lassen. Wie schon früher bei anderen Gelegenheiten begegnen wir nun auch hier wieder als einem eifrigen Vertreter der Pflanzenphysiologie in Deutschland, dem Philosophen Christian Wolff, der in dem dritten Theil seines Werkes: „Allerhand nütz-

liche Versuche u. s. w." 1721 unter Anderem auch Versuche mittheilte, welche die Gegenwart der Luft in den Pflanzen bestätigten; denn dieß war bei dem damaligen Zustand der Physik und Chemie von größerem Interesse, als die anatomische Beschaffenheit der die Luft führenden Organe. Wolff hatte in luftfreiem Wasser liegende Blätter dem Vacuum der Luftpumpe ausgesetzt und Luftblasen namentlich auf der Unterseite austreten sehen; wenn er aber den atmosphärischen Druck wieder einwirken ließ, so infiltrirten sich die Blätter mit Wasser, und das Gleiche fand er an Tannenholz, welches nach der Infiltration untersank. Gleiche Versuche mit Aprikosenfrüchten ließen Luft aus der Haut, besonders aber aus dem Stiel derselben austreten. Auch Wolff's Schüler Thümmig beschrieb in seiner „gründlichen Erläuterung der merkwürdigsten Begebenheiten in der Natur" 1723 ähnliche Versuche und beide blieben in dieser Frage, wie überhaupt in ihren physiologischen und phytotomischen Ansichten treue Anhänger Malpighi's, das Verständigste, was man damals thun konnte. Bei Christian Wolff müssen wir hier jedoch noch länger verweilen, da er einige Jahre später die gesammte Ernährungslehre in übersichtlicher und populärer Form behandelte. Wolff's Verdienste um die Verbreitung der Naturwissenschaft in Deutschland scheinen bisher weniger, als billig, gewürdigt worden zu sein; seine verschiedenen, zum Theil recht umfangreichen und theilweise auf eigene Untersuchung gestützten naturwissenschaftlichen Werke waren in hohem Grade inhaltreich und für ihre Zeit sehr belehrend; sie trugen dazu bei, einer freieren Geistesrichtung die Bahn zu brechen, in einer Zeit, wo selbst unter denen, welche wissenschaftliche Abhandlungen in der deutschen Akademie der Wissenschaften (den Akten der Leopoldina) veröffentlichten, noch krasser Aberglaube herrschte, wie der der Palingenesie. Wenn auch Wolff's eigene naturwissenschaftliche Untersuchungen mehr guten Willen als Geschick verriethen, so hatte er doch vor vielen Anderen eine bedeutende philosophische Bildung voraus; an abstractes Denken gewöhnt, gelang es ihm leicht, das prinzipiell Wichtige aus den Erfahr-

ungen Anderer von dem Nebensächlichen und Unbedeutenden abzusondern und so die naturwissenschaftlichen Kenntnisse seiner Zeit von höheren Gesichtspuncten aus darzustellen. In dieser Beziehung ist besonders sein 1723 erschienenes Werk: „Vernünftige Gedanken von den Wirkungen der Natur“ anerkennend hervorzuheben. Es ist, was man jetzt eine Art „Kosmos“ nennen könnte: Es handelt von den Körpern und ihren physischen Eigenschaften überhaupt, von den Weltkörpern im Allgemeinen, von unserem Planeten im Besonderen, von Meteorologie, physischer Geographie, und endlich von Mineralien, Pflanzen, Thieren und Menschen. Seinem Hauptzweck, der allgemeinen Belehrung, entsprechend ist es deutsch und in gut populärem Stil geschrieben unter Benutzung des Besten, was damals von naturwissenschaftlichen Dingen bekannt war, so namentlich auch seine Darstellung der Ernährungsverhältnisse der Pflanzen, wo er die ganze einschlägige Literatur sorgfältig und mit Verständniß benutzte und alles Brauchbare aus Malpighi, Grew, Leeuwenhoek, van Helmont, Mariotte u. s. w. zu einer zusammenhängenden Lehre von der Ernährung der Pflanze verschmolz, wobei auch gelegentliche, treffend kritische Bemerkungen nicht fehlen. Bei dem Zustand der naturwissenschaftlichen Literatur in Deutschland während der ersten Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts lag in einer solchen zusammenfassenden und orientirenden Behandlung ebensoviel Verdienstliches, wie in neuen Untersuchungen oder in einigen Entdeckungen von untergeordnetem Werth. Für uns aber hat gerade hier Christian Wolff's Capitel über die Ernährung namentlich auch insofern Interesse, als in demselben noch manche, damals schon bekannte, bisher aber nicht erwähnte Wahrnehmungen von Werth mitgetheilt sind. Dieselben beziehen sich vorwiegend auf die chemische Seite der Ernährungsvorgänge und berühren manche Probleme, die ihre Erledigung erst in unserer Zeit gefunden haben; so z. B. die Angabe, es sei eine bekannte Sache: „daß die Erde ihre Fruchtbarkeit verliert, wenn Vieles daraus wächst; sonderlich was viel Nahrung erfordert, und man daher nöthig hat, dieselbe entweder

mit Mist oder Asche zu düngen"; worin wir also bereits die Frage nach der Erschöpfung des Bodens und die Lehre vom Wiederersatz der durch die Ernten entnommenen Bodenstoffe in Kürze angedeutet finden. „Absonderlich sei bekannt, fährt Wolff fort, wie der Salpeter das Erdreich fruchtbar mache; Vallemont habe den Nutzen des Salpeters gerühmt und andere Sachen angeführt, die wegen ihrer salzigten und öligten Theilchen eine gleiche Wirkung haben, wie das Horn von Hörnern und Klauen der Thiere; der Mist habe gleichfalls salzige und öligte Theilchen in sich, die auch der Asche nicht fehlen, und man sehe daran, daß auch solche Theilchen nicht fehlen dürften, wenn eine Pflanze durch das Wasser ernährt werden soll. Dasselbe zeige auch der Same, der die erste Nahrung der Pflanze bei sich führt, maßen keiner zu finden, der nicht Oel und Salz enthält, dergestalt, daß sich aus vielen das Oel herauspressen läßt; man finde auch in allen Pflanzen Oele und Salz, wenn man sie chemisch untersucht." Mit Nachdruck hebt Wolff auch den von Malpighi und Mariotte begründeten Gedanken hervor, daß in der Pflanze selbst die eingetretenen Nährstoffe chemisch verändert werden müssen. Da eine jede Pflanze, sagt er, ihr besonderes Salz und ihr besonderes Oel habe, so werde man leicht zugeben, daß dasselbe erst in der Pflanze erzeugt, aber keineswegs hineingebracht wird. Weil aber gleichwohl die Pflanzen nicht wachsen können, wo die Erde ihnen keine salzige, sonderlich salpetrigte Theilchen gewähren kann, so müssen diese doch dazu dienen, daß die Salze und Oele in der Pflanze erzeugt werden und absonderlich auch dazu erforderlich seien, daß das Wasser in einen Nahrungssaft verwandelt wird. Weiterhin weist er auf die in der Luft schwebenden salpetrigten, salzigen und öligten Theile hin und auch die tägliche Erfahrung zeige, daß von verwesenden Körpern das Meiste in die Luft geht und wenn man das Licht durch eine enge Oeffnung in einen finsteren Ort lasse, könne man auch eine große Menge Stäubchen herumfliegen sehen; das Wasser aber nehme Salz und Erde leicht an sich und die mi-

neralischen Brunnen bezeugen, daß sich auch metallische Theilchen damit vermengen. Derowegen sei wohl auch kein Zweifel, daß nicht auch das Regenwasser mit allerhand Materie vermischt sein sollte, welche es den Pflanzen zuführt. Indem Wolff weiterhin noch einmal auf die nothwendig anzunehmende chemische Veränderung der Nährstoffe in den Pflanzen hinweist, knüpft er daran Betrachtungen über die Organe, in denen dies geschieht, wobei er sich eng an Malpighi anschließt: In Röhren, sagt er, könne dergleichen Aenderung nicht vorgehen, denn darin steige der Saft bloß in die Höhe oder hernieder. Derowegen bleibe wohl Nichts übrig als die schwammigte Materie (das Zellgewebe) darinnen der Nahrungssaft zubereitet werden könne und vertreten demnach die Bläschen oder sogenannten utriculi die Stelle des Magens; die Veränderung aber, welche mit dem Wasser vorgeht, könne nur darin bestehen, daß die Theilchen verschiedener Materie die im Regenwasser anzutreffen sind, von demselben geschieden und auf eine besondere Art mit einander vereinigt werden, welches ohne besondere Bewegungen nicht geschehen kann. Wolff's Vorstellungen von diesen Saftbewegungen aber sind ziemlich unklar. Als bewegende Kräfte nimmt er die Ausdehnung der Luft und die Capillarität der Holzröhren in Anspruch. Entschieden stellte er sich auf die Seite derer, welche außer dem aufsteigenden rohen Nahrungssaft auch einen rückkehrenden annahmen, in welcher Beziehung er sich jedoch auf Major, Perrault, und Mariotte, statt auf Malpighi beruft; gleich diesem aber hebt er das Wachsthum umgekehrt gepflanzter Bäume als Beweis hervor, daß die Säfte in den leitenden Organen sich in entgegengesetzten Richtungen bewegen können und mit Mariotte schreibt er die Vergrößerung wachsender Organe der Auseinandertreibung durch die eindringenden Säfte zu.

Nicht nur diese wohlgemeinten Bestrebungen Christian Wolff's, sondern Alles, was seit Malpighi und Mariotte bis auf Ingen-Houß in der Ernährungslehre der Pflanzen geschah, wurde tief in den Schatten gestellt durch die glänzenden

Untersuchungen von **Stephan Hales** [1]), in denen noch einmal der originelle Erfindungsgeist und die gesunde, urwüchsige Logik der großen Naturforscher aus Newton's Zeitalter hervortrat. Seine Statical essays, welche 1727 zuerst erschienen, kamen noch zweimal englisch, später in französischer, italienischer und deutscher Uebersetzung (diese mit einem Vorwort von Ch. Wolff) heraus. Es war das erste umfangreichere, ganz der Ernährung und Saftbewegung der Pflanzen gewidmete Werk, welches, die bisherige Literatur zwar beachtete, doch wesentlich nur neue Untersuchungen des Verfassers mittheilte. Eine Fülle neuer Experimente und Beobachtungen, Messungen und Berechnungen vereinigte sich hier zu einem lebensvollen Bild. Hatte Malpighi vorwiegend durch Analogien und gestützt auf die Struktur der Organe die physiologische Bedeutung derselben zu entziffern gesucht, Mariotte durch seine Combination physikalischer und chemischer Thatsachen die Abhängigkeit der Pflanze von ihrer Umgebung in ihren Grundzügen erkannt; so wußte Hales dagegen die Pflanzen gewissermaßen selbst reden zu lassen; durch klug ausgedachte, geschickt angestellte Experimente zwang er sie, die in ihnen thätigen Kräfte durch augenfällige Wirkungen zu verrathen, und so zu zeigen, daß in den ruhigen, anscheinend ganz passiven und unthätigen Vegetationsorganen bewegende

[1]) Stephan Hales wurde 1677 in der Grafschaft Kent geboren, wo er den ersten Unterricht im Vaterhaus erhielt ohne dabei besondere Begabung zu zeigen; mit 19 Jahren trat er in Cambridge als Pensionär des Christcollege ein, wo sich seine Vorliebe für Physik, Mathematik, Chemie und Naturgeschichte entwickelte; trotzdem blieb er bei der Theologie, in der er sich sogar auszeichnete und schon als junger Mann erhielt er eine kirchliche Anstellung; nach und nach war er Pfarrer in verschiedenen Grafschaften. Die Royal society nahm ihn 1718 auf, dort las er zuerst die statical essays. 1733 kam auch seine Hämostatik heraus. Nachdem er noch Untersuchungen und Erfindungen der verschiedensten Art gemacht und publicirt hatte, starb er 1761; er wurde in der Kirche zu Ridbington, die er auf eigene Kosten neu hatte erbauen lassen, beigesetzt; die Prinzessin von Wales ließ ihm in der Westminsterabtei ein Epitaph setzen. (Eloge in hist. de l'Acad. roy. des sc. 1762).

33 *

Kräfte ganz besonderer Art thätig sind. Ganz durchdrungen von dem Geist des Newton'schen Zeitalters, welcher trotz einer streng teleologischen, ja theologischen Naturauffassung doch alle Lebenserscheinungen mechanisch, durch Anziehung und Abstoßung materieller Theilchen zu erklären suchte, begnügte sich Hales auch nicht damit, die Vegetationserscheinungen überhaupt nur anschaulich zu machen, sondern er ging darauf aus, sie auf die damals bekannten mechanisch-physikalischen Gesetze zurückzuführen. So wurde das von ihm gesammelte Erfahrungsmaterial durch geistvolle Reflexionen belebt, die einzelnen Thatsachen an allgemeinere Betrachtungen geknüpft. Es konnte nicht fehlen, daß ein solches Buch großes Aufsehen machte und selbst für uns ist es noch eine Quelle vielfacher und werthvoller Belehrung im Einzelnen, wenn wir auch immerhin die Gesammtheit der Vegetationserscheinungen in einen anderen Zusammenhang bringen, als Hales.

Den lebhaftesten Anklang fanden seine Untersuchungen über die Transspiration und Wasserbewegung im Holz. Er maß die von den Wurzeln aufgesogenen, von den Blättern ausgehauchten Wassermengen, verglich diese mit dem in der Erde enthaltenen Vorrath an Feuchtigkeit, suchte die Geschwindigkeit zu berechnen, mit der das Wasser im Stamm aufsteigt, und diese zu vergleichen mit der Geschwindigkeit seines Eintritts in die Wurzeln und seines Austritts aus den Blättern. — Besonders auffallend und lehrreich waren die Experimente, durch welche er die Größe der Saugkraft des Holzes und der Wurzel, so wie die des Wurzeldruckes der blutenden Weinrebe demonstrirte. Die von ihm angestellten Messungen und die Zahlen, die er seinen Berechnungen zu Grunde legte, waren keineswegs so genau, wie später vielfach geglaubt wurde; er selbst aber ging auch vielmehr darauf aus, runde, ungefähre Zahlen zu gewinnen, die unter den gegebenen Umständen durchaus genügende Grundlagen zur Aufstellung gewisser Sätze gewährten, die damals neu waren und eine gewisse Einsicht in den Haushalt der Pflanze ermöglichten und gerade in diesem Verfahren verrieth sich der geniale Experi-

mentator; denn an lebenden Körpern lassen sich nicht, wie an Metallen und Gasen Constanten aufsuchen, die man allgemeinen Rechnungsformeln einschalten könnte, und bei deren Aufstellung daher die äußerste Genauigkeit geboten ist; vielmehr handelt es sich bei Messungen an Pflanzen immer um individuelle Einzelfälle, aus denen durch richtige Deutung die allgemeinen Gesetze der Vegetation zu gewinnen sind.

Um zu zeigen, daß die in der Pflanze thätigen Saug- und Druckkräfte nicht sui generis sind, sondern auch von lebloser Materie geltend gemacht werden, daß hier ein Fall der allgemeinen Anziehung der Materie vorliege, worauf man damals besonders achtete, ließ Hales Wasser auch von feinporigen Körpern aufsaugen, und maß er die Kraft, womit dieß geschieht. Diese Vorgänge aber verglich er mit der Kraft, welche quellende Erbsen auf Widerstände ausüben und so gewann er ein richtigeres Bild der bei der Wasserbewegung in der Pflanze thätigen Kräfte, als die Capillarität von Glasröhren gewährte, die Mariotte und Ray zur Versinnlichung derselben benutzten.

Indem Hales den Werth von Malpighi's Betrachtungen über die Bedeutung der Blätter unterschätzte, und sich durch die Ausgiebigkeit der Wasserverdunstung verführen ließ, dieser eine zu große physiologische Wichtigkeit beizumessen, sah er in den Blättern wesentlich nur Transspirationsorgane, die wie Saugpumpen den Saft aus den Wurzeln durch den Stamm emporziehen. Dem entsprechend läugnete er auch die Existenz eines in der Rinde absteigenden Saftes und nur insofern ließ er eine rückläufige Bewegung zu, als Nachts in Folge der Abkühlung der aufsteigende Saft des Holzes sinken könne, wie das Quecksilber in einem Thermometer. Das war der schwache Punct bei Hales.

Eine seiner bedeutendsten Leistungen ist auch in neuerer Zeit überall übersehen worden; wohl deshalb, weil sie von seinen Nachfolgern im 18. Jahrhundert gänzlich vernachlässigt wurde; es ist der von ihm zuerst bewiesene Satz, daß zum Aufbau des Pflanzenkörpers, zur Bildung seiner festen Sub-

stanz, die Luft mitwirkt, daß gasförmige Bestandtheile in großer Masse zur Ernährung der Pflanzen beitragen; daß also weder das Wasser, noch die von ihm aus der Erde mitgenommenen Bestandtheile allein das Material zum Aufbau der Pflanze liefern, wie man bis dahin allgemein annahm. Er zeigte zunächst, besser als Niewentyt und Wolff, mit Hilfe der Luftpumpe, daß die Luft nicht nur durch die Blätter, sondern auch durch die Oeffnungen der Rinde in die Pflanzen eintreten und sich in den Hohlräumen des Holzes bewegen kann. Dieß brachte er nun in Verbindung mit der von ihm durch zahlreiche Versuche festgestellten Thatsache, daß aus Pflanzensubstanz durch Gährung und trockene Destillation große Quantitäten von „Luft" gewonnen werden; diese durch Gährung und Hitze frei werdende Luft mußte seiner Ansicht nach während der Vegetationszeit der Pflanze condensirt, in einen festen Zustand übergeführt worden sein. Wir finden sagt er (im 7. Cap.) durch die chemische Analyse (trockene Destillation) der Vegetabilien, daß ihre Substanz aus Schwefel, flüchtigem Salz, Wasser und Erde zusammengesetzt ist; diese Principien sind sämmtlich mit gegenseitiger Anziehungskraft (ihrer Theile) begabt. In die Zusammensetzung der Pflanze tritt aber auch Luft ein, welche im festen Zustand mächtig anziehend, im elastischen jedoch mit größter Kraft abstoßend wirkt. Durch unendlich verschiedene Combinationen, Actionen und Reactionen dieser Principien nun werden alle Thätigkeiten in thierischen und pflanzlichen Körpern bewirkt. Bei der Ernährung ist die Summe der anziehenden Kräfte größer, als die der abstoßenden, wodurch zunächst schleimige (viscid ductile), endlich aber, indem das Wasser verdunstet, harte Theile erzeugt werden. Wenn diese jedoch wieder Wasser einsaugen, und dadurch die abstoßenden Kräfte das Uebergewicht gewinnen, dann wird der Zusammenhalt der vegetabilischen Theile aufgehoben, so daß sie durch diese Fäulniß wieder befähigt werden, neue vegetabilische Producte zu erzeugen; daher kann das Capital von Nahrungsstoff in der Natur niemals erschöpft werden; diese nämlich ist dieselbe bei

Thieren und Pflanzen und geeignet, durch eine kleine Veränderung der Textur die Einen oder die Anderen zu ernähren.

Aus seinen Experimenten folge, fährt er fort, daß die Blätter bei der Ernährung der Pflanzen sehr nützlich sind, insofern sie Nahrung aus der Erde heraufziehen, sie scheinen jedoch noch zu anderen edlen und wichtigen Diensten geeignet; sie lassen das überflüssige Wasser abdunsten und halten dessen nahrhafte Theile zurück, indem sie auch ihrerseits Salz, Salpeter u. s. w. auch Thau und Regen aufsaugen; und indem er, wie Newton, das Licht für einen Stoff hält, schließt er weiter: mag nicht das Licht ebenfalls, indem es in die Flächen der Blätter und Blüthen eindringt, viel zur Veredlung der Stoffe in der Pflanze beitragen?

Aus diesen Aeußerungen könnte man schließen, daß Hales nur den in der Luft suspendirten Stoffen eine Bedeutung für die Ernährung eingeräumt habe; dem ist jedoch nicht so; denn im 6. Capitel heißt es, er habe durch seine Experimente bewiesen, daß eine Menge wahrer, permanent elastischer Luft durch die Gährung und Dissolution (trockene Destillation) aus pflanzlichen und thierischen Körpern erzeugt wird; der Substanz derselben sei die Luft zu einem großen Theil unmittelbar und fest inkorporirt und es folge daraus, daß bei der Bildung dieser Körper eine große Quantität von elastischer Luft beständig verbraucht werden muß.

Hales sieht in der Luft aber nicht bloß eine ernährende Substanz, sondern in ihrer Elasticität, welche der Attraktion der anderen Stoffe entgegenwirkt, auch die Kraftquelle, durch welche die inneren Bewegungen unterhalten werden. Wenn alle materiellen Theile, sagt er, nur mit Attraktionskraft begabt wären, so würde die ganze Natur sofort zu einem unthätigen Klumpen sich zusammenziehen; daher war es absolut nöthig, um diese ungeheure Masse attraktiver Materie in Bewegung zu setzen, und zu beleben, daß mit ihr ein hinreichendes Quantum stark abstoßender, elastischer Materie gemengt sei; und da diese elastischen Partikeln beständig in großer Menge durch die Attraktion der

anderen in einen festen Zustand versetzt werden, so mußten sie mit der Eigenschaft begabt sein, ihren elastischen Zustand wieder anzunehmen, wenn sie von der attraktiven Masse befreit werden. So bestehe ein beständiger Kreislauf von Bildung und Auflösung animalischer und vegetabilischer Körper. Die Luft sei nun sehr wichtig bei der Erzeugung und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen in zweifacher Weise; sie gebe ihren Säften Kraft (by invigorating), so lange sie sich im elastischen Zustand befinde, sie trage aber auch viel zur festen Vereinigung der constituirenden Theile bei, wenn sie fixirt worden ist.

Man sieht, wie gut Hales mit dem geringen Capital physikalischer und chemischer Begriffe seiner Zeit Haus zu halten wußte und es verstand, sich damit auf einen hohen Standpunct zu stellen, der ihn die Vegetationserscheinungen in ihren wichtigsten Beziehungen zur übrigen Natur, in ihrem inneren Verlauf und Zusammenhang verstehen ließ. Seine Nachfolger aber verstanden die principielle Bedeutung dieser Betrachtungen nicht und und ließen den so fruchtbaren Gedanken, daß ein sehr großer Theil der Pflanzensubstanz aus der Luft und nicht aus Wasser und Erde stammt, unbenutzt liegen, um sich immer wieder darüber zu verwundern, daß doch nur so wenig von der Erde an die Pflanze abgegeben wird, wie schon van Helmont gezeigt hatte, ohne daß man aber mit diesem eine Verwandlung des Wassers in Pflanzensubstanz offen annahm. — Indem man so das Princip verlor, welches schon lange vor Ingen-Houß die wichtigste Beziehung der Pflanze zur Außenwelt, ihre Ernährung durch Bestandtheile der Atmosphäre, genügend erklären konnte und es verabsäumte diesen Gedanken experimentell weiter zu verfolgen, citirte und wiederholte man immer wieder die einzelnen Versuche und Beobachtungen des Hales, ohne das Band zu beachten, welches bei ihm diese einzelnen Wahrnehmungen verknüpfte.

Mit Hales schließt die Reihe der hervorragenden Naturforscher, welche die Pflanzenphysiologie zuerst begründeten. So fremd uns auch Manches bei ihnen anmuthet, sie waren es doch,

welche zuerst einen tieferen Blick in das innere Getriebe des Pflanzenlebens thaten und uns nicht nur vereinzelte Thatsachen desselben, sondern auch ihre wichtigsten Beziehungen überlieferten. Vergleicht man, was vor Malpighi bekannt war mit dem, was die statical essays des Hales enthalten, so staunt man über den raschen in kaum 60 Jahren gemachten Fortschritt, nachdem von Aristoteles bis auf Malpighi fast nichts geleistet worden war.

3.

Unfruchtbare Bemühungen um die Saftbewegung der Pflanzen.

1730—1780.

Hätten diejenigen, die sich nach Hales und vor Ingen-Houß mit der Ernährung und vorwiegend der Saftbewegung der Pflanzen beschäftigten, Malpighi's Ansicht, daß in den Blättern die Nährstoffe zum Wachsthum vorbereitet werden, festgehalten und sie mit Hales Gedanken, daß die Pflanzen einen großen Theil ihrer Substanz aus der Luft entnehmen, in Verbindung gebracht, so hätten sie für die Untersuchung der Saftbewegung ein leitendes Princip gehabt, und durch Experimente an der lebenden Pflanze diesen Ideen selbst einen bestimmteren Ausdruck geben können, auch ohne, daß die Chemie und Physik einstweilen noch neue Anhaltspuncte darboten. Wie bereits erwähnt, geschah dieß jedoch nicht; man hielt sich an das Handgreifliche der Vegetationserscheinungen und glaubte so einen sicheren Boden zu haben, auf dem man jedoch über die gewöhnlichste, gedankenlose Empirie nicht hinauskam, da es der Beobachtung an einem Ziel, dem Urtheil an einem Princip fehlte. Man gerieth, wie immer in solchen Fällen, wo nicht eine wohldurchdachte Hypothese die Beobachtung leitet, auf Abwege, die gerade in diesem Falle zu großer Unklarheit führten, weil man einen der wichtigsten Factoren zum Verständniß der Saftbewegung nicht hinreichend kannte: die feinere Struktur der Pflanzen, deren Kenntniß seit Malpighi und Grew nicht mehr weiter gefördert

worden war. Da die Meisten phytotomische Untersuchungen selbst gar nicht machten, so verstanden sie auch das von jenen Gesagte nur theilweise, man behalf sich mit verschwommenen und oft ganz unrichtigen Vorstellungen vom inneren Bau des Holzes und der Rinde und glaubte doch, mit solchen eine Einsicht in die Saftbewegung gewinnen zu können. Bei der Lectüre von Malpighi's, Grew's, Mariotte's und Hales', ja selbst bei der von Wolff's Schriften erfreut man sich, trotz zahlreicher Fehler im Einzelnen doch an dem logischen Zusammenhang und dem Scharfsinn, womit sie das Wichtige vom Unbedeutenden zu sondern wußten, wogegen uns die hier zu nennenden Beobachter höchstens durch vereinzelte Angaben entschädigen und wir keineswegs die Genugthuung empfinden, in ihnen mit Männern von hervorragendem Verstand zu verkehren.

Die ganz unbedeutenden Schriften von Friedrich Walther (1740), Anton Wilhelm Platz (1751) und von Rudolph Böhmer (1753) können wir hier als bloße unfruchtbare Stielübungen völlig übergehen. Einige Aufmerksamkeit aber können wir denen von De la Baisse und Reichel schenken, da diese wenigstens bemüht waren, etwas Neues zu Tage zu fördern. Aber freilich war gerade die von ihnen benutzte Methode, farbige Flüssigkeiten von lebenden Pflanzen aufsaugen zu lassen, geeignet, damals und noch lange nachher grobe Irrthümer herbeizuführen. Nachdem schon Magnol 1709 derartige Versuche erwähnt hatte, war es zuerst der Jesuitenpater Sarrabat, genannt De la Baisse, der sich in seiner von der Akademie zu Bordeaux preisgekrönten Dissertation: Sur la circulation de la sève des plantes 1733 mit derartigen Experimenten befaßte.[1]) Er setzte die Wurzeln verschiedener Pflanzen in den rothen Saft der Phytolacca-Früchte und fand zwei bis drei Tage später die gesammte Wurzelrinde, ganz besonders aber die Endigungen der Wurzel-

[1]) Der Inhalt dieser Schrift ist mir jedoch nur aus Sprengel's Geschichte der Bot. I 229 und aus Reichel's und Bonnet's weiter unten genannten Schriften bekannt.

fasern innerlich roth gefärbt. Damals war der Schluß ganz selbstverständlich, daß gerade diese Theile es seien, welche die Nährstoffe ebenso wie hier den rothen Farbstoff besonders kräftig aufsaugen, und in der That erhielt sich diese Meinung selbst bis auf unsere Tage und auf derartige Ergebnisse hin stellte später sogar Pyrame de Candolle seine noch jetzt in Frankreich geltende Theorie von den Wurzelschwämmchen (spongioles) auf. Erst in neuester Zeit ist es nämlich bekannt geworden, daß Wurzelrinde und vor Allem die jüngsten Wurzelendigungen erst dann sich in solchem Falle färben, wenn sie vorher durch den Farbstoff vergiftet und getödtet worden sind; derartige Färbungen also, wie sie seit De la Baisse hundertfältig wiederholt worden sind, beweisen durchaus Nichts in Bezug auf die Thätigkeit der lebenden Wurzel und so war gleich von vornherein durch diese Methode des Experimentirens eine Quelle sehr schädlichen Irrthums in die Pflanzenphysiologie eingeführt und wir werden gleich sehen, daß noch andere Irrthümer aus derselben entsprangen. Weniger verwirrend war indessen ein anderes Resultat welches De la Baisse erhielt; als er nämlich die Schnittflächen abgeschnittener Zweige von Holzpflanzen in die farbige Flüssigkeit stellte, färbte sich der Holzkörper derselben nicht bloß, sondern auch die von ihm ausgehenden Holzbündel der Blätter und Blüthentheile roth, während das saftige Gewebe der Rinde und Blätter farblos blieb. Man konnte also folgern, daß der rothe Saft bloß im Holz fortgeleitet werde und durch eine gewagte Analogie schließen, daß auch die in Wasser gelösten Nahrungsstoffe der Pflanzen sich ähnlich verhalten; auch diese Ansicht ist freilich gegenwärtig nicht mehr stichhaltig und daß der von den Wurzeln zu den Blättern emporsteigende Nahrungssaft zumal das Wasser nur im Holzkörper und nicht in der Rinde emporsteigt, war aber bereits durch Hales' und andere Versuche hinlänglich bewiesen. Zu neuen Irrthümern führte die kritiklose Behandlung derartiger Experimente später bei Christian Reichel[1]),

[1]) Georg Christian Reichel geb. 1727 gest. 1771 war Professor in Leipzig.

dessen hier zu erwähnende Dissertation: De vasis plantarum spiralibus 1758 sich übrigens durch sorgfältige Literaturangaben und eigene phytotomische Untersuchungen vor ähnlichen Producten jener Zeit vortheilhaft auszeichnet. Die von Malpighi, Nieuwentyd, Wolff, Thümmig, Hales beigebrachten Beweise für den Luftgehalt der Holzgefäße fand Reichel ungenügend. In abgeschnittenen, mit der Schnittfläche in das rothe Dekokt des Fernambukholzes eingestellten Zweigen holziger und krautiger Pflanzen fand er ganz richtig, daß die rothe Färbung sich in allen Gefäßbündeln, auch in denen der Blüthen und Früchte verbreitete. Bei der mikroskopischen Beobachtung aber fand er die rothe Flüssigkeit zum Theil auch in den Hohlräumen der Gefäße, woraus er voreilig folgerte, daß dieselben auch im natürlichen Zustand nicht Luft, sondern Saft führen. Seine Beschreibung und Abbildung zeigt jedoch, daß nur einige Gefäße und diese nur zum Theil mit der rothen Flüssigkeit sich gefüllt hatten. Reichel ließ dabei ebenso wie seine zahlreichen Nachbeter die Frage außer Acht, ob denn die Gefäße vor dem Versuch mit Luft oder Flüssigkeit gefüllt waren, ob denn dasselbe Resultat auch dann eintreten würde, wenn Pflanzen mit ganz unverletzten, lebendigen Wurzeln die farbige Flüssigkeit aufnehmen, wenn also keine durchschnittenen Gefäße mit der letzteren in Berührung kommen. Nichts hinderte schon damals, die einfache Ueberlegung zu machen, daß die Gefäße eines durchschnittenen, in Flüssigkeit gestellten Zweiges, gerade dann wie enge Glasröhrchen capillar wirken müssen, wenn sie im natürlichen Zustand mit Luft erfüllt sind, und daß bei dem Versuch die Transspiration der Blätter das Aufsteigen des rothen Saftes in den Hohlräumen der Gefäße begünstigen müsse, wie schon aus anderen und besseren Versuchen von Hales zu schließen war. Allein diese einfache Ueberlegung wurde nicht gemacht, vielmehr das Versuchsergebniß ganz gedankenlos hingenommen, und dem wohlbegründeten Urtheil Malpighi's und Grew's, daß die Gefäße Luft führen, die ganz unbegründete Behauptung entgegengestellt, daß sie im natürlichen Zustand saftleitende Organe seien; so war auf Grund

schlecht interpretirter Versuche eine der wichtigsten Entdeckungen in Frage gestellt und noch hundert Jahre später hat es nicht an Personen gefehlt, welche auf dieselben Versuche, wie Reichel, gestützt, den Gefäßen des Holzes die Führung des aufsteigenden Saftes zumutheten, eine Ansicht, durch welche jedes wirkliche Verständniß der Saftströmung im Holzkörper bei transspirirenden Pflanzen von vornherein unmöglich gemacht wird. Aber auch das andere große Ergebniß Malpighi's, daß nämlich die Blätter die nahrungszubereitenden Organe sind, war schon vor Reichel durch Bonnet geleugnet und durch die ganz falsche Ansicht ersetzt worden, daß sie wesentlich zur Aufsaugung von Thau und Regenwasser dienen. **Bonnet**[1]), der sich vorher um die Biologie der Insekten verdient gemacht, namentlich die ungeschlechtliche Fortpflanzung der Blattläuse entdeckt und sich dabei die Augen verdorben hatte, hielt es nun für einen passenden Zeitvertreib sich mit allerlei Experimenten an Pflanzen zu beschäftigen. Unter vielem ganz Unbedeutenden kam dabei auch allerdings Manches zu Tage, was später von urtheilsfähigeren Personen benutzt werden konnte, denn auch das wenige Brauchbare, was Bonnet über die mit dem Wachsthum verbundenen Krümmungen der Pflanzen beobachtete, zeigte von einem auffallenden Mangel an Urtheil. Dasselbe tritt aber auch nicht minder bei denjenigen Beobachtungen hervor, welche Bonnet über die Ernährungsthätigkeit der Blätter anstellte. Es war ein Zeichen der Zeit, daß eine so ganz gedankenlose Zusammenhäufung unverdauter Thatsachen, wie sie 1754 in Bonnet's récherches sur l'usage des feuilles dans les plantes etc. enthalten ist, damals all-

---

[1]) Charles Bonnet, geb. 1720 zu Genf, stammte aus einer reichen Familie und widmete sich anfangs der Jurisprudenz, beschäftigte sich aber schon in seiner Jugend mit naturwissenschaftlichen Beobachtungen, namentlich zoologischer Natur. Später wurde er Mitglied des großen Rathes seiner Vaterstadt und in seinen späteren Jahren schrieb er verschiedene Werke philosophisch-naturwissenschaftlichen, psychologischen und zum Theil theologischen Inhalts. Er starb 1793 auf seiner Besitzung Genthod bei Genf (Biographie universelle und Carus, Gesch. d. Zool. p. 526).

gemein für eine bedeutende Leistung gehalten werden konnte. Bonnet erzählt, daß ihn Calandrini darauf aufmerksam gemacht habe, daß wohl die Struktur der Unterseite der Blätter den Zweck haben könne „den aus der Erde aufsteigenden Thau" aufzusaugen und in die Pflanze einzuführen. Von dieser sinnreichen Vermuthung, wie es Bonnet nennt, ausgehend, machte er nun allerlei wirklich sinnlose Experimente mit abgeschnittenen Blättern, welche die Frage überhaupt gar nicht entscheiden konnten. Die abgeschnittenen Blätter wurden bald mit der Ober- bald mit der Unterseite auf Wasser gelegt, mit Oel oder anderen schädlichen Dingen bestrichen und die Zeit ihres Verderbens beobachtet. Es ist unmöglich, sich schlechter ausgedachte Vegetationsversuche vorzustellen; denn wenn Bonnet Calandrini's „sinnreiche" Vermuthung prüfen wollte, so mußte er vor Allem die Blätter an der lebenden Pflanze belassen und den Effekt beobachten, den die etwaige Aufsaugung von Thau auf die Vegetation hervorbringt. Zudem ist zu beachten, daß er unter dem aufsteigenden Thau offenbar Wasserdampf verstand, denn der wirkliche Thau schlägt sich auf der Oberseite der Blätter vorwiegend nieder; was konnte also für seine Frage herauskommen, wenn er abgeschnittene Blätter auf Wasser legte? Sie bewiesen nicht einmal im Entferntesten, daß die Blätter überhaupt den Thau aufsaugen; trotzdem aber zog Bonnet den Schluß, daß die wichtigste Verrichtung der Blätter eben in der Aufsaugung des Thaues bestehe, und um dieses Resultat mit den Untersuchungen von Hales über die Transspiration in Einklang zu bringen, stellte er nun die Theorie auf: [1]) „Der Nahrungssaft, welcher am Tage aus den Wurzeln in den Stamm steigt, wird von den Holzfasern mit Hilfe der Luftröhren vornehmlich in die untere Seite der Blätter geführt, wo die Oeffnungen zu seinem Austritt (Verdunstung) in größerer Menge vorhanden sind. Bei Hereinbrechen der Nacht, wenn die Wärme nicht mehr auf die Blätter und die in den Luftröhren enthaltene Luft wirkt, kehrt

[1]) In der deutschen Uebersetzung von Arnold 1762 p. 35.

der Saft wieder nach den Wurzeln zurück; alsdann fängt die Unterseite der Blätter ihre andere Verrichtung an, der langsam von der Erde aufsteigende Thau stößt auf diese Seite, er verdichtet sich hier und wird von den Härchen und sonstigen Vorrichtungen aufgehalten (dies geschieht aber auf der Oberseite in viel höherem Grade). Die hier vorhandenen Röhrchen saugen ihn sogleich ein (was handgreiflich falsch ist, da der Thau bis Sonnenaufgang sich vermehrt) und führen ihn in die Zweige, von wo er in den Stamm übergeht." Bonnet legte so großen Werth auf diese wunderliche Theorie, daß er sogar die heliotropischen und geotropischen Krümmungen der Blätter und Stengel die er nicht aus einander zu halten wußte, und die Stellung der Blätter am Stamm nur mit Rücksicht auf seine oder besser Calandrini's Theorie teleologisch glaubte erklären zu können. — Es war um so nöthiger hier auf das ganz Sinnlose in Bonnet's Ansicht von der Bedeutung der Blätter hinzuweisen, weil sie insofern von historischer Bedeutung ist, als sie Jahrzehnte lang trotz der besseren älteren Leistungen geglaubt wurde und wir daraus ersehen, wie sehr die Urtheilsfähigkeit in solchen Dingen seit Malpighi abgenommen hatte. Das Lob aber, welches Bonnet von seinen Zeitgenossen gespendet wurde, hat offenbar verursacht, daß auch viel spätere Pflanzenphysiologen, die es besser wissen konnten, ihn für eine Autorität auf dem Gebiet der Ernährungslehre gehalten haben. Wo möglich noch unbedeutender als seine Versuche mit abgeschnittenen Blättern, waren seine „Versuche über das Wachsthum der Pflanzen in einer anderen Materie als der Erde." Auch hier war nicht einmal der Gedanke originell, denn erst auf die Nachricht hin, daß man in Berlin Landpflanzen statt in Erde, in zusammengehäuften Moos habe wachsen lassen, machte er selbst zahlreiche derartige Versuche und fand, daß manche Pflanzen auf diese Weise recht kräftig wachsen, blühen und Samen tragen. Für die Ernährungslehre war aber damit durchaus Nichts gewonnen, es war eine kindliche Spielerei ohne tieferen Sinn. Die wenigen Seiten, welche Malpighi über die Ernährung der Pflanzen

schrieb, waren viel mehr werth, als Bonnet's ganzes Buch über den Nutzen der Blätter; jener hatte aus einfachen Ueberlegungen und Analogieschlüssen den wahren Nutzen der Blätter wirklich erkannt, Bonnet aus zahlreichen sinnlosen Experimenten ihnen eine ganz andere Function als die richtige zugeschrieben.

Nicht viel günstiger lautet unser Urtheil über die Ernährungslehre eines um die Pflanzenphysiologie sonst viel verdienten Mannes, auf dessen wirkliche Verdienste wir im letzten Capitel noch zurückkommen werden. Zwar war auch **Du Hamel**[1]), um den es sich hier handelt, kein Naturforscher, der sich mit einem Malpighi, Mariotte oder Hales hätte vergleichen können; jenen Denkern gegenüber war er wesentlich nur Compilator und zwar ein ziemlich kritikloser. Vor Bonnet aber hatte Du Hamel voraus, daß er kein Dilettant war, sondern ein ernster Fachmann, der sich mit der Pflanzenwelt viel beschäftigt hatte und die Ergebnisse seiner physiologischen Studien praktisch zu verwerthen suchte. Seine langjährige Beschäftigung mit der Pflanzenwelt hatte in ihm einen gewissen Instinkt für das Richtige bei der Behandlung der Pflanzen ausgebildet und seine Art, zu beobachten und Experimente anzustellen, giebt Zeugniß davon; viele seiner Experimente und Beobachtungen sind noch jetzt lehrreich; was ihm jedoch fehlte, das war die Combinationsgabe, welche gerade bei pflanzenphysiologischen Untersuchungen aus Beobachtungen und Experimenten erst einen Sinn zu Tage fördern muß, und die Fähigkeit, das principiell Wichtige von Nebendingen zu unterscheiden. Dieser Meinung war auch sein Biograph Du Petit-Thouars.

Die hier genannten Vorzüge und Fehler vereinigen sich

---

[1]) Henry Louis Du Hamel du Monceau geb. 1700 zu Paris, starb 1781. Er war Grundbesitzer im Gatinais und verwerthete seine physikalischen, chemischen, zoologischen und botanischen Studien vorwiegend in einer langen Reihe von Werken, welche der Land- und Forstwirthschaft, dem Seewesen und der Fischerei gewidmet sind. Seit 1728 war er Mitglied der Akademie, nachdem er dieser eine Abhandlung über eine damals herrschende, von einem Pilz bewirkte Krankheit der Safranpflanzungen vorgelegt hatte (Biogr. univers.).

namentlich auch in Du Hamel's berühmtestem Werk: Physique des arbres, welches in zwei Bänden 1758 erschien und ein Lehrbuch der gesammten Anatomie und Physiologie der Pflanzen mit zahlreichen Kupfertafeln darstellt. Was er hier über die Ernährung und Saftbewegung der Pflanzen sagt, ist eine weitschweifige Compilation, in welcher vorwiegend Malpighi, Mariotte und Hales benutzt werden, ohne daß es dem Verfasser gelingt, grade das theoretisch Wichtige und die umfassenden Gesichtspuncte derselben sich anzueignen. Er verflicht in seine Darstellung auch die Resultate seiner eigenen Experimente, die an sich oft lehrreich, doch niemals zur Feststellung einer bestimmten Ansicht über den Zusammenhang der Ernährungsvorgänge benutzt werden. Nur wo es sich um ganz offen daliegende, handgreifliche Dinge handelt, trifft er das Richtige; so setzt er die Holzgefäße wieder in ihr altes Recht ein, folgert er aus Versuchen, wie bereits im 17. Jahrhundert geschehen war, daß in der Rinde ein wachsthumsfähiger Saft sich abwärts bewegt; so auch erkennt er, daß wenn Zwiebeln, Knollen, Wurzeln mit oder ohne Beihilfe aufgenommenen Wassers, Sprosse, selbst Blüthen austreiben, dieß auf Kosten vorhandener Reservestoffe geschieht, eine Wahrnehmung, die er jedoch nicht weiter verwerthet. Das Beste aber verdarb er gründlich: die Blätter waren ihm nur Pumpwerke, welche den Saft aus den Wurzeln emporsaugen; die bessere Ansicht Malpighi's citirt er wie ein Curiosum, auf welches er im Verlauf seiner Untersuchung nicht weiter zurückkommt; dafür aber wird Bonnet's verunglückte Theorie acceptirt, obgleich er selbst zahlreiche Thatsachen anführt, welche für Malpighi's Deutung der Blätter sprechen. Fast noch schlimmer sieht es mit seiner Behandlung der chemischen Ernährungsfragen aus; obgleich er hier die Darlegungen Mariotte's über die Nothwendigkeit einer chemischen Veränderung der Nährstoffe in der Pflanze wiederholt, und selbst Belege dafür beibringt, kann er sich doch von dem Aristotelischen Satz nicht freimachen, daß die Erde wie ein thierischer Magen die Nahrungsstoffe der Pflanzen vorbereitet und daß die Wurzeln diese präparirte Substanz wie Chylusge-

fäße auffaugen (phys. des arb. II. p. 189, 230). Obgleich er ferner aus seinen eigenen Vegetationsversuchen, Landpflanzen ohne Erde und durch gewöhnliches Wasser zu ernähren, den Schluß zieht, daß dieses den Pflanzen nur sehr wenig aufgelöste Theile darbiete, weiß er doch aus Hales' Angaben über die Mitwirkung der Luft bei dem Aufbau der Pflanze, keinen Vortheil zu ziehen und schließt (l. c. p. 204), er habe eben nur beweisen wollen, daß das reinste und einfachste Wasser den Pflanzen ihre Nahrung darbieten könne, was seine Versuche nicht beweisen. — So ist fast Alles was Du Hamel über die Ernährung sagt, ein Gemenge richtiger Wahrnehmungen im Einzelnen mit ganz verfehlten Schlüssen und Reflexionen, die sich immer an das Einzelne anklammern, ohne dem Zusammenhang im Ganzen Rechnung zu tragen. In noch viel höherem Grade treten diese Fehler in dem späteren, fast noch umfangreicheren Werk Mustel's: Traité théorique et pratique de la végétation 1781 hervor. Je weiter man sich in der Zeit von den Begründern der Pflanzenphysiologie entfernte, desto umfangreicher wurden die Bücher, desto dünner aber auch der Faden, der die einzelnen Erfahrungen zusammenhielt, bis er endlich ganz zerriß. Es war höchste Zeit, daß der Ernährungslehre wieder neues Licht zugeführt wurde, an der sie, wie eine vergeilte und verwässerte Pflanze, nun wieder erstarken konnte. Dieß geschah durch die Entdeckungen des Ingen-Houß und durch den gewaltigen Aufschwung, den die Chemie seit den siebziger Jahren durch Lavoisier nahm.

4.

Begründung der neueren Ernährungslehre durch Ingen-Houß und Th. de Saussure.

1779 — 1804.

Die beiden Cardinalfactoren der Ernährungslehre der Pflanzen, daß die Blätter die nahrungsbereitenden Organe sind und daß ein großer Theil der Pflanzensubstanz aus der Atmo-

sphäre stammt, waren, wie wir sahen, von Malpighi und Hales zwar constatirt und theoretisch verwerthet worden, es fehlte aber an einem augenfälligen Nachweis dafür, daß die grünen Blätter einen Bestandtheil der Atmosphäre aufnehmen und ihn zu ihrer Ernährung verwerthen. Der Mangel eines solchen directen Nachweises war es offenbar, der die Nachfolger jener ersten Physiologen veranlaßte, die Wichtigkeit dieser deductiv gefundenen Sätze zu übersehen und nun principlos im Dunkeln herum zu tappen.

Die Entdeckungen Priestley's, Ingen-Houß' und Senebier's, die quantitativen Bestimmungen Saussure's lieferten nun in den Jahren von 1774 bis 1804 den Beweis, daß die grünen Pflanzentheile, also namentlich die Blätter, einen Bestandtheil der Luft aufnehmen und zersetzen, dabei gleichzeitig die Bestandtheile des Wassers assimiliren und dem entsprechend an Gewicht zunehmen, daß dieß jedoch nur dann ausgiebig und in normaler Weise geschieht, wenn von den Wurzeln her gleichzeitig kleine Quantitäten mineralischer Stoffe in die Pflanze eingeführt werden. Die Entdeckungen und Thatsachen, aus denen diese Lehre hervorging, waren dieselben, welche den Sturz der Phlogistontheorie herbeiführten und aus welchen Lavoisier die Principien der neueren Chemie ableitete und erst durch Lavoisier's Lehren wurde auch die neue Ernährungstheorie der Pflanzen möglich; es ist daher nöthig, wenigstens einen flüchtigen Blick auf die in den siebziger und achtziger Jahren sich vollziehende Umwälzung in der Chemie zu werfen. Diese knüpfte bekanntlich [1]) zunächst an die Entdeckung des Sauerstoffgases an, welches Priestley 1774 dargestellt hatte. Während dieser selbst hartnäckiger Anhänger des Phlogistons war und blieb, wurde seine Entdeckung für Lavoisier die Grundlage einer ganz neuen Anschauungsweise der chemischen Prozesse. Schon 1776 erkannte er die Zusammensetzung der „fixen Luft“ aus

[1]) Vergl. Kopp Gesch. der Chemie 1843 I p. 306 ff. und Kopp Entwicklung der Chemie in der neueren Zeit 1873 p. 138 ff.

Kohlenstoff und „Lebensluft", er gewann dieselbe durch Verbrennung von Kohle und Diamant. Ebenso wurden Phosphorsäure, Schwefelsäure und nach einer vorläufigen Entdeckung von Cavendish auch die Salpetersäure als Verbindungen der Lebensluft mit Phosphor, Schwefel und Stickstoff erkannt; 1777 zeigte Lavoisier, daß bei der Verbrennung organischer Substanzen fixe Luft und Wasser erzeugt wird und nachdem er 1781 die quantitative Zusammensetzung der fixen Luft annährend festgestellt hatte, nannte er dieselbe Kohlensäure, die bisherige Lebensluft Sauerstoff. Nach einer abermaligen vorläufigen Entdeckung von Cavendish (1783), daß nämlich durch Verbrennung von Wasserstoffgas Wasser entstehe, war es wieder Lavoisier, der nun bewies, daß das Wasser eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff sei. — Diese Entdeckungen beseitigten nicht nur Schritt für Schritt die Phlogistontheorie und lieferten nicht nur die Principien der neuen Chemie, sondern sie betrafen auch gerade diejenigen Stoffe, welche bei der Pflanzenernährung die wichtigste Rolle spielen; jede dieser chemischen Entdeckungen ließ sich daher sofort auch physiologisch verwerthen. Schon 1779 fand Priestley, daß grüne Pflanzentheile gelegentlich Lebensluft aushauchen und in demselben Jahr beschrieb Ingen-Houß ausführlichere Untersuchungen, aus denen hervorging, daß dieß nur unter dem Einfluß des Lichtes an grünen Pflanzentheilen geschieht, während im Dunklen vielmehr fixe Luft von diesen ausgehaucht wird, was die nicht grünen sowohl im Licht wie im Finstern thun. Eine richtige Deutung dieser Vorgänge war jedoch 1779 noch nicht möglich; denn erst 1785 war Lavoisier selbst soweit vorgedrungen, sich von der Phlogistontheorie ganz frei zu machen und sein antiphlogistisches System im Zusammenhang zu entwickeln. Noch ist hier nachzutragen, was für die Pflanzenphysiologie später ebenfalls wichtig wurde, daß Lavoisier 1777 die Athmung der Thiere als einen Oxydationsprozeß erkannte, der wie jede Verbrennung Wärme, die thierische Eigenwärme erzeugt. Doch dauerte es noch sehr lange, bis dieses Causalverhältniß auch für die Pflanzen erkannt wurde.

Mit der Constatirung der Thatsache, daß Pflanzentheile unter Umständen Sauerstoffgas abscheiden, war für die Ernährungstheorie der Pflanzen noch wenig oder nichts gewonnen [1]); mehr aber leistete Priestley für uns nicht. Ingen-Houß dagegen erkannte die Bedingungen der Sauerstoffabscheidung und außerdem, daß alle Pflanzentheile beständig Kohlensäure erzeugen; dieß aber sind die Grundlagen der Ernährung und Athmung der Pflanzen; wir werden also Ingen-Houß als den Begründer der Ernährungs- und Athmungslehre der Pflanzen zu betrachten haben. Da es hierbei um eine Entdeckung von außerordentlicher Tragweite sich handelt, scheint es geboten, etwas näher auf die Einzelheiten einzugehen.

1779 erschien ein Werk Priestley's, welches im folgenden Jahr auch deutsch unter dem Titel: Versuche und Beobachtungen über verschiedene Theile der Naturlehre herauskam und in welchem (p. 257) auch Priestley's Versuche mit Pflanzen beschrieben sind. Die Art, wie er dieselben angestellt hatte, war aber auffallend unzweckmäßig; auch gab er sie, ohne ein bestimmtes Resultat von physiologischer Bedeutung erzielt zu haben, auf, obgleich er den Gedanken, um den es sich hier handelte klar genug aussprach, indem er sagte: Wenn die von der Pflanze ausgehauchte Luft von besserer Beschaffenheit (sauerstoffreicher) ist, als die atmosphärische, so folge daraus, daß das Phlogiston der Luft in der Pflanze zurückbehalten und zur Ernährung benutzt werde, wodurch der entweichende Theil, seines Phlogistons entledigt, einen hohen Grad von Reinheit gewinnen müsse. Nachdem er seine Versuche mit Pflanzen 1778 aufgegeben hatte, fiel ihm auf, daß in den dabei benutzten Wassergefäßen eine grüne Materie sich abgesetzt hatte, welche eine sehr „reine" Luft ab-

[1]) Noch weniger mit der von Bonnet gemachten Beobachtung, daß Blätter in lufthaltigem Wasser von der Sonne beschienen, Gasblasen an ihrer Oberfläche zeigen; Bonnet negirte ausdrücklich eine active Betheiligung der Blätter an diesem Vorgang, da abgestorbene Blätter in lufthaltigem Wasser ganz dieselbe Erscheinung zeigen.



schied; zahlreiche weitere Beobachtungen lehrten ihn, daß dieß nur unter dem Einfluß des Sonnenlichts geschieht; von der vegetabilischen Natur dieser Substanz, welche später als Priestley'sche Materie bezeichnet und aus Algen bestehend erkannt wurde, hatte Priestley selbst indessen keine Ahnung.

In demselben Jahr (1779) erschien auch die erste ausführlichere Arbeit von Ingen-Houß [1]) über denselben Gegenstand Experiments upon vegetables, discovering their great power of purifying the common air in the sunshine and of injouring it in the shade and at night, die sogleich in's Deutsche, Holländische und Französische übersetzt wurde. Schon der Titel zeigt, daß der Verfasser mehr und richtiger beobachtet hatte, als Priestley. Der innere Zusammenhang der Thatsachen aber wurde ihm erst später verständlich, nachdem Lavoisier seine neue antiphlogistische Theorie entwickelt hatte. In seiner 1796 erschienenen, 1798 auch deutsch (von Fischer) herausgegebenen, von A. v. Humboldt eingeleiteten Schrift: „Ueber die Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens" sagt Ingen-Houß selbst, als er 1779 seine Entdeckungen gemacht habe, sei das neue System der Chemie noch nicht öffentlich vorgetragen, und unbekannt mit dessen Vorzügen, sei er nicht im Stande gewesen, aus den Thatsachen die wahre Theorie abzuleiten; seitdem man jedoch die Analyse des Wassers und der Luft kenne, sei es weit leichter geworden, die Vegetationserscheinungen zu erklären. Um aber seine Priorität festzustellen, hebt er (p. 56) hervor, er sei glücklich genug gewesen, die wahre Ursache zu entdecken, warum Pflanzen die umgebende Luft zu einer Zeit schlechter machen, eine Ursache, welche von Priestley und Scheele auch nicht einmal geahnt wurde. Er habe im Sommer 1779 entdeckt, daß alle Vegetabilien unaufhörlich kohlensaures Gas ausgeben, daß aber die grünen Blätter und Schöß-

---

[1]) Jan Ingen-Houß war Arzt in Breda, dann in London, Kais. österr. Leibarzt; geb. zu Breda in Holland 1730, gest. zu Boward bei London 1799.

linge allein im Sonnenlicht oder hellen Tageslicht Sauerstoff aushauchen. — Ingen-Houß hatte also nicht nur die Kohlenstoffassimilation und die eigentliche Athmung der Pflanzen entdeckt, sondern er wußte auch beide Erscheinungen nach ihren Bedingungen und in ihrer Bedeutung auseinander zu halten. Dem entsprechend war ihm auch der große Unterschied zwischen der Ernährung keimender und älterer grüner Pflanzen, die Unabhängigkeit jener, die Abhängigkeit dieser vom Licht vollkommen klar und daß er die atmosphärische Kohlensäure als die hauptsächliche, wenn auch nicht alleinige Quelle des Kohlenstoffs der Pflanzen betrachtete, zeigt seine Widerlegung einer unverständigen Behauptung von Hassenfratz, wonach der Kohlenstoff durch die Wurzeln aus dem Boden aufgenommen werde, der er die Bemerkung entgegenstellte: es sei schwer begreiflich, wie ein großer Baum unter diesen Umständen seine Nahrung Jahrhunderte lang an demselben Ort finden könne. Es lag damals eine gewisse Kühnheit, ein großes Vertrauen auf die einmal gewonnene Ueberzeugung in diesen Aeußerungen von Ingen-Houß, da der Kohlensäuregehalt der Luft noch wenig beobachtet und quantitativ noch nicht sicher gestellt war, die relativ kleinen Quantitäten der atmosphärischen Kohlensäure aber manchen Anderen gewiß davon abgeschreckt hätten, in ihnen das Reservoir der ungeheuren Kohlenstoffmengen zu sehen, welche die Pflanzen in sich anhäufen.

Noch bevor Ingen-Houß in der zuletzt genannten Schrift die Resultate seiner 1779 gemachten Beobachtungen den neuen chemischen Ansichten gemäß deutete, und so die wesentlichen Grundlagen der Ernährungslehre schuf, machte **Jean Senebier** in Genf[1]) ausgedehnte Untersuchungen über den Einfluß des

[1]) Jean Senebier geb. zu Genf 1742, der Sohn eines Kaufmanns, studirte Theologie und war seit 1765 evang. Pastor. Von einer Reise nach Paris zurückgekehrt, schrieb er „moralische Erzählungen“ und auf seines Freundes Bonnet Rath bewarb er sich um die Harlemer Preisfrage: worin die Kunst zu beobachten bestehe? er erhielt das Accessit. Nachdem er seit 1769 Pastor in Chancy gewesen, wurde er Bibliothekar von Genf

Lichts auf die Vegetation (1782—1788), deren Resultate er in seiner umfangreichen fünfbändigen physiologie végètale im Jahr 1800 mit ermüdender Weitschweifigkeit zu einer Ernährungstheorie ausarbeitete. Manches immerhin Werthvolle versteckt sich hier in einem Schwall von unbedeutenden Einzelheiten und langwierigen rhetorischen Stielübungen, die meist den Nagel nicht auf den Kopf treffen. Es ist jedoch nicht zu verkennen, daß Senebier mit gründlicheren chemischen Kenntnissen als Ingen-Houß ausgerüstet, Alles zusammentrug, was damals die chemische Literatur an zerstreuten Thatsachen darbot, um ein vollständigeres Bild der Ernährungsvorgänge zu gewinnen; namentlich war es für jene Zeit von Werth, das Princip zu betonen, daß die Ernährungsvorgänge innerhalb der Pflanze nach den allgemeinen Gesetzen der Chemie beurtheilt werden müssen; die organisirten Wesen, sagte Senebier, sind der Schauplatz, wo die Affinitäten der Bestandtheile der Erde, des Wassers, der Luft auf einander einwirken; die Zersetzungen aber werden gewöhnlich durch den Einfluß des Lichts eingeleitet, welches den Sauerstoff der Kohlensäure aus den grünen Theilen der Pflanzen entbindet. Unter den von ihm hervorgehobenen Grundsätzen finden wir auch schon (l. c. II. p. 304) den betont, daß die einfachen Bestandtheile in allen Pflanzen dieselben sind, und daß die Unterschiede nur quantitativer Natur seien. Von diesen Gesichtspuncten ausgehend führt er nun der Reihe nach die einfachen und zusammengesetzten Bestandtheile der Pflanzen vor, unter denen, den Anschauungen jener Zeit entsprechend, auch das Licht und die Wärme als körperliche Wesen figuriren. Die alte

---

1773, wo er nun neben umfangreichen bibliographischen Arbeiten Spallanzani's wichtigere Werke übersetzte, chemische Vorträge von Tingry hörte und seine Untersuchungen über die Wirkungen den Lichts ausführte. Für die Encyclopaedie méthodique schrieb er die Pflanzenphysiologie (1791); die Revolution in Genf veranlaßte ihn, in das Waadland sich zurückzuziehen, wo er seine fünfbändige Physiologie végétale ausarbeitete; 1799 nach Genf zurückgekehrt, betheiligte er sich an einer neuen Bibelübersetzung; er starb daselbst 1809 (Biogr. univers.).

Frage nach der Bedeutung der Salze in der Pflanze behandelt er sehr ausführlich und für uns ist lehrreich zu sehen, wie er darüber Auskunft zu geben sucht, ob salpetersaure, schwefelsaure Salze und Ammoniak, die man im Saft der Pflanzen finde, von außen in diese eingeführt seien, oder ob sie erst in dieser selbst aus ihren Bestandtheilen entstehen; schließlich hält er jedoch ersteres für wahrscheinlich. Daß der Kohlenstoff der Pflanzen, wenigstens zum allergrößten Theil aus der Atmosphäre abstammt, konnte nach Ingen-Houß kaum noch zweifelhaft sein; Senebier widmete aber gerade dieser Frage besondere Aufmerksamkeit und ließ es sich angelegen sein, alle hier mitwirkenden Factoren in Rechnung zu ziehen, namentlich suchte er von Neuem zu beweisen, daß der von der Pflanze am Licht entbundene Sauerstoff von eingesogener Kohlensäure herrührt, daß nur die grünen und keine anderen Organe im Stande sind, diese Zersetzung zu bewirken, und daß sich in der Natur hinreichende Quantitäten von Kohlensäure vorfinden, um die Ernährung der Pflanzen zu unterhalten. Obwohl er sich jedoch überzeugte, daß grüne Blätter die sie umgebende gasförmige Kohlensäure zersetzen, nahm er an, daß diese letztere vorwiegend durch die Wurzeln mit dem aufsteigenden Saft den Blättern zugeführt werde, eine Ansicht, die bei späteren Schriftstellern vielfach zu weiteren Irrthümern Anlaß gegeben hat.

Es war nicht nur die ermüdende Weitschweifigkeit, welche Senebier's Werk zu keiner rechten Anerkennung und Wirkung kommen ließ, vielmehr trat dem das Erscheinen eines Werkes entgegen, welches durch seine glänzenden Vorzüge, durch die enorme Wichtigkeit seines Inhalts, die knappe Sprache und Durchsichtigkeit des Gedankengangs Senebier's verwässerte Stilübungen tief in den Schatten stellte. Dieses Werk war **Théodore de Saussure's** récherches chimiques sur la végétation 1804. Das Neue an diesem Werk[1]) waren nicht bloß

[1]) Nicolas Theodore de Saussure geb. zu Genf 1767, gest. daselbst 1845; er war der Sohn des berühmten Alpenforschers, dem er bei

die neuen Untersuchungen und Resultate, sondern noch viel mehr die neue Methode, die Ernährungsfragen vorwiegend quantitativ zu behandeln; dem entsprechend war natürlich schon die Fragestellung eine bestimmtere und da seine Vegetationsversuche mit souverainer Meisterschaft durchgeführt waren, so wurden die bestimmt gestellten Fragen auch bestimmt beantwortet. Saussure wußte seine Versuche so einzuleiten, daß das Resultat nothwendig deutlich werden mußte; er hatte nicht nöthig, dasselbe aus kleinlichen, sogenannten Genauigkeiten, durch welche ungeschickte Experimentatoren ihre Unsicherheit vertuschen, mühsam herauszurechnen. Diese Geradheit und kurz angebundene Art, mit durchschlagender Sicherheit quantitative Resultate zu Tage zu fördern, die Consequenz und durchsichtige Klarheit des Gedankenganges sind es vorwiegend, die uns bei der Lectüre dieses Werkes, sowie auch bei Saussure's späteren Schriften, ein Gefühl von Vertrauen und Sicherheit einflößen, wie kaum ein anderes Werk seit Hales bis auf die neueste Zeit. Mit den statical essays von Hales haben die recherches chimiques auch das gemein, daß die thatsächlichen Angaben darin noch später hundertfältig von Anderen theoretisch ausgebeutet worden sind, während man gerade so wie bei Hales vielfach den theoretischen Zusammenhang derselben verlor, wie wir zur Genüge im folgenden Abschnitt sehen werden. Es ist nicht Jedermann's Sache ein Werk wie dieses zu lesen und zu verstehen; denn es ist keine didaktisch zusammenhängende Darstellung der Ernährungstheorie, sondern eine Reihe von Versuchsergebnissen, welche

---

seinen Beobachtungen auf dem Mont-Blanc und Col du Géant half. Schon 1797 schrieb er eine Abhandlung über die Bedeutung der Kohlensäure für die Vegetation, als Vorläufer seiner récherches chimiques, die großes Aufsehen machten und ihm die Ernennung zum corresp. Mitglied des franz. Instituts eintrugen. Er hatte Geschmack für Literatur und nahm an öffentlichen Angelegenheiten Theil, er war wiederholt Mitglied des Rathes von Genf. Seine Vorliebe für die Einsamkeit soll ihn vom Lehramt fern gehalten haben. (Vergl. Biogr. universelle, Supplement und Poggendorff's biographisch litter. Handwörterbuch.)

sich um die fundamentalen Fragen der Pflanzenernährung gruppiren, wobei der theoretische Zusammenhang nur in kurzen Einleitungen und Recapitulationen fortgesponnen wird, während es dem Leser überlassen bleibt, durch sorgfältiges Studium aller Einzelheiten sich die Ueberzeugung selbst zu erwerben. Es war eben kein didaktisches, sondern ein grundlegendes Werk, welches vor Allem nicht lehren, sondern Thatsachen feststellen wollte. Die Darstellung hat daher auch, wie in solchem Falle selbstverständlich, nichts Geniales oder Schwunghaftes, eher tritt uns ein allzu ängstliches Festhalten an dem empirisch Gegebenen entgegen und es ist kein Zweifel, daß manche spätere Verirrungen der Ernährungsliteratur vermieden worden wären, wenn Saussure nach der inductiven Begründung seiner Lehren auch eine didaktisch deduktive Darstellung derselben gegeben hätte.

Die von Saussure untersuchten Vegetationsvorgänge waren im Wesentlichen dieselben, welche schon Ingen-Houß und Senebier ausführlich behandelt und in ihren allgemeinsten Umrissen richtig erkannt hatten. Das wesentlich Neue bei Saussure aber ist eben, daß es nicht bei den allgemeinen Umrissen der Erscheinungen bleibt, daß er vielmehr durch quantitative Bestimmungen eine Bilanz herstellt zwischen dem, was die Pflanze aufnimmt, was sie abgiebt und dabei selbst erwirbt. Auf diesem Wege machte er vor Allem die großen Entdeckungen, daß mit dem Kohlenstoff zugleich die Bestandtheile des Wassers in der Pflanze gebunden werden und daß ohne die Aufnahme von Stickstoffverbindungen und Mineralbestandtheilen eine normale Ernährung der Pflanzen nicht stattfindet. Es ist jedoch nöthig, um Saussure's Verdienst würdigen zu können, seinen Leistungen mehr in's Einzelne zu folgen.

Betrachten wir zunächst, was er über die Kohlenstoffassimilation der Pflanzen feststellte; da ist das wichtige Resultat, daß größere Quantitäten von Kohlensäure in der die Pflanze umgebenden Atmosphäre nur dann die Vegetation begünstigen, wenn die Pflanzen im Stande sind, jene zu zerlegen, wenn sie also von hinreichend intensivem Licht getroffen werden; daß da-

gegen jede Vermehrung des Kohlensäuregehaltes der Luft im Schatten oder im Finstern die Vegetation beeinträchtigt, und daß eine Steigerung des Kohlensäuregehaltes der Luft über 8% überhaupt schädlich einwirkt. Auf der anderen Seite aber fand er, daß die Zersetzung der Kohlensäure durch die grünen Theile im Licht eine nothwendige Beschäftigung derselben ist, daß die Pflanzen absterben, wenn sie daran verhindert werden. Den ersten tieferen Einblick in die innerhalb der Pflanze selbst bei der Kohlensäurezersetzung stattfindenden chemischen Vorgänge gewährte die Wahrnehmung, daß die Pflanzen, indem sie ein bestimmtes Kohlenstoffquantum sich aneignen, ihre Trockensubstanz um ein beträchtlich größeres Quantum vermehren und daß dies nur von einer gleichzeitigen Bindung der Bestandtheile des Wassers herrührt, eine Thatsache, die allerdings erst später, als die Theorie der Kohlenstoffverbindungen, die organische Chemie, begründet war, in ihrer wahren Bedeutung aufgefaßt werden konnte. Was endlich die Bedeutung der Kohlensäurezersetzung durch die grünen Organe im Licht für die gesammte Ernährung der Pflanzen betrifft, so kam Saussure durch viel bestimmtere Beweise als Ingen-Houß zu dem Resultat, daß nur ein kleiner Theil der Pflanzensubstanz aus den vom Wasser aufgelösten Bestandtheilen der Erde abstammt, daß die Hauptmasse des vegetabilischen Körpers aus der atmosphärischen Kohlensäure und den Bestandtheilen des Wassers sich aufbaut; diese Ueberzeugung gewann Saussure zum Theil durch die Vergleichung der geringen Quantitäten, welche das Wasser überhaupt aus einem Vegetationsboden aufzulösen im Stande ist, zum Theil durch Vegetationsversuche und Betrachtungen allgemeinerer Natur.

Nicht minder wichtig waren Saussure's Untersuchungen über die Sauerstoffathmung der Pflanzen, welche als Thatsache genommen allerdings schon Ingen-Houß entdeckt hatte. Saussure aber zeigte, daß ohne diesen Athmungsprozeß kein Wachsthum möglich ist, auch nicht bei Keimpflanzen, obgleich diese reich an assimilirten Stoffen sind. Er zeigte ferner, daß grüne Blätter und sich entfaltende Blüthen, überhaupt solche Pflanzentheile,

welche sich durch eine regere Lebensthätigkeit auszeichnen, auch mehr Sauerstoff zur Athmung verbrauchen, als minder thätige und ruhende. Er bestimmte den Gewichtsverlust, welchen die organische Substanz der Keimpflanzen durch die Athmung erleidet und fand auch diesen größer, als dem Gewicht des ausgeathmeten Kohlenstoffs entspricht; bei dem damaligen Zustand der Chemie mußte er jedoch im Zweifel bleiben, wie dieß zu verstehen sei. Fügen wir endlich noch hinzu, daß Saussure später (1822) die wichtigsten Beziehungen zwischen der Selbsterwärmung der Blüthen und dem Sauerstoffverbrauch derselben constatirte, so bleibt kein Zweifel, daß er die wichtigsten Elemente der neueren Athmungstheorie der Pflanzen geliefert hat, obgleich er dieselbe niemals in ihrem Zusammenhang aussprach.

Vor Ingen-Houß war trotz Hales' uns bekannten Ansichten die allgemeine Meinung offenbar die, daß die Pflanzen die überwiegende Quantität ihrer Nahrung den Bestandtheilen der Erde und dem Wasser verdanken. Seit man jedoch wußte, daß der Hauptbestandtheil der Pflanzensubstanz, der Kohlenstoff aus der Atmosphäre stammt und man beachtete, daß die bei Weitem überwiegende Quantität der vegetabilischen Stoffe verbrennlich ist, konnte es zweifelhaft erscheinen, ob denn die unverbrennlichen Aschenbestandtheile für die Ernährung der Pflanzen überhaupt von Bedeutung sind. Dieser ziemlich verbreiteten Ansicht trat nun Saussure entschieden entgegen; er betonte, daß vor Allem diejenigen Aschenbestandtheile, welche sich ausnahmslos in jeder Pflanze vorfinden, nicht wohl als zufällige Beimengungen zu betrachten seien, daß ebenso die geringe Menge derselben kein Beweis für ihre Entbehrlichkeit sei und durch eine große Zahl von Aschenanalysen, die lange Zeit unübertroffen dastanden, zeigte er, daß zwischen dem Vorhandensein gewisser Aschenbestandtheile und den Entwicklungszuständen der Pflanzenorgane gewisse allgemeine Beziehungen stattfinden, so z. B. fand er junge entwicklungsfähige Pflanzentheile reich an Alkalien und Phosphorsäure, ältere und unthätige vorwiegend reich an Kalk und Kieselsäure. Noch wichtiger aber waren Vegetationsversuche

durch welche er zeigte, daß Pflanzen, deren Wurzeln nicht in Erde, sondern in destillirtem Wasser wachsen, nur soviel an Aschenbestandtheilen zunehmen, als dem in das Wasser fallenden Staub entspricht. Viel wichtiger für die Hauptfrage aber war das andere Ergebniß, daß in einem solchen Fall auch die Zunahme der organischen, verbrennlichen Substanz der Pflanze eine nur höchst unbedeutende ist und daß eine normale Vegetation ohne die Aufnahme von genügenden Aschenbestandtheilen überhaupt nicht stattfindet. Leider hat es Saussure versäumt, diese Ergebnisse mit dem nöthigen Nachdruck und mit dem Hinweis auf ihre principielle Wichtigkeit hervorzuheben, so daß noch bis in die dreißiger Jahre hinein Zweifel an der Nothwendigkeit der Aschenbestandtheile für die Vegetation erhoben wurden.

Daß ein Theil der lebendigen Pflanzensubstanz stickstoffhaltig sei, war damals zwar bekannt, fraglich jedoch, wie die Pflanzen den Stickstoff aufnehmen. Da man wußte, daß die Atmosphäre zu $^4/_5$ aus diesem Gas besteht, so lag die Annahme sehr nahe, daß die Pflanze eben dieses zur Bildung stickstoffhaltiger Substanz benutze. Saussure suchte diese Frage auf volumetrischem Weg zu entscheiden, der, wie sich später zeigte, in diesem Falle allerdings nicht genügt. Trotzdem traf er das Richtige, daß nämlich das atmosphärische Stickstoffgas von den Pflanzen nicht assimilirt wird. Der Stickstoff mußte also in Form irgend einer chemischen Verbindung und zwar von den Wurzeln aufgenommen werden. Saussure unterließ es jedoch, diese Frage durch Vegetationsversuche zu entscheiden und begnügte sich mit der Vermuthung, daß die vegetabilischen und animalischen Extracte des Bodens, sowie die ammoniakalischen Dünste von den Pflanzen als Stickstoffquelle benutzt werden. Erst ein halbes Jahrhundert später wurde diese von Saussure allerdings ventilirte Frage, nachdem sie zu langwierigen Streitigkeiten Anlaß gegeben, durch Vegetationsversuche von Boussingault entschieden.

Im Zusammenhang mit seiner Untersuchung über die Bedeutung der Aschenbestandtheile legte sich Saussure auch die Frage vor, ob die Wurzeln die ihnen dargebotenen Lösungen

von Salzen oder anderen Substanzen unverändert aufnehmen. Er fand zunächst, daß allerdings die verschiedensten, auch giftigen Stoffe aufgesogen werden, daß also ein Wahlvermögen in dem Sinne, wie es Jungius einst vermuthet hatte, allerdings nicht besteht; dagegen ergab sich aber auch, daß die Lösungen doch nicht unverändert in die Wurzel eintreten, daß vielmehr bei seinen Versuchen jederzeit mehr Wasser als Salz, als der Zusammensetzung der Lösung entsprach, aufgenommen wurde, und daß bei sonst gleichen Verhältnissen einige Salze in größerer, andere in geringerer Quantität in die Pflanze übergehen. Damals und noch lange nachher war es jedoch nicht möglich, diese Thatsachen zu verstehen und richtig zu deuten; noch fehlte die Theorie der Diffusionen und noch mußten fünf bis sechs Decennien vergehen, bis es gelang, in diese von Saussure angeregten Fragen Licht zu bringen.

Das hier Mitgetheilte dürfte die wichtigsten Ergebnisse von Saussure's 1804 erschienenem Werke wiedergeben. Was er später noch in einigen wichtigen Fragen der Pflanzenphysiologie leistete, wird weiterhin erwähnt werden. Vergleicht man aber den Inhalt der recherches chimiques mit dem, was vor 1780 über die chemische Seite der Pflanzenernährung bekannt war, so erregt der ungeheure Fortschritt in diesen 24 Jahren die lebhafteste Bewunderung. Die letzten Decennien des 18. Jahrhunderts hatten sich für die Theorie der Pflanzenernährung womöglich noch fruchtbarer erwiesen, als die letzten Decennien des 17. Jahrhunderts; beide Perioden haben überhanpt für den Fortschritt der gesammten Pflanzenkunde nach allen Richtungen hin die außerordentliche Fruchtbarkeit in der Entwicklung neuer Gesichtspuncte gemein. Aber auch darin sind beide Perioden einander ähnlich, daß auf jede derselben eine längere Zeit der Ermattung folgte; wie sich die Zeit von Hales bis auf Ingen-Houß höchst unfruchtbar erwies, so auch die nächsten dreißig Jahre nach Saussure's grundlegendem Werk, obgleich hinzugesetzt werden muß, daß in dieser Zeit wenigstens in Frankreich manches Gute geleistet wurde, während in Deutschland die neue

Ernährungstheorie der Pflanzen gerade von Seiten der Hauptvertreter der Botanik den gröbsten Mißverständnissen erlag, wie im folgenden Abschnitt noch gezeigt werden soll. Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß eines dieser Mißverständnisse, welches sich sogar bis in die sechziger Jahre hinein erhalten hat, von Saussure selbst veranlaßt worden ist. Er hatte beobachtet, daß die rothen Blätter einer Varietät der Gartenmelde ebensoviel Sauerstoff aus Kohlensäure entbinden, wie die grünen Blätter der gewöhnlichen Art. Sehr voreilig in diesem Fall zog er aus dieser vereinzelten Wahrnehmung den Schluß, die grüne Farbe sei kein wesentlicher Charakter derjenigen Theile, welche Kohlensäure zersetzen; obgleich er nur nöthig gehabt hätte, die Oberhaut jener rothen Blätter abzuziehen, um sich zu überzeugen, daß das innere Gewebe derselben, ebenso intensiv grün gefärbt ist, wie bei gewöhnlichen grünen Blättern. Der sonst so äußerst sorgfältige Beobachter, war hier nachlässig und spätere Schriftsteller verfehlten nicht, wie es gewöhnlich geschieht, sich gerade an diesen einen schwachen Punct zu hängen und eine der wichtigsten Thatsachen der Pflanzenphysiologie, daß nämlich nur die chlorophyllhaltigen Zellen Sauerstoff abscheiden, immer wieder in Frage zu ziehen.

5.

Lebenskraft. — Athmung und Eigenwärme; Endosmose.

1804—1840.

In den fünfzehn bis zwanzig Jahren nach dem Erscheinen von Saussure's chemischen Untersuchungen wurde die Theorie der Pflanzenernährung kaum in irgend einer Richtung gefördert und was noch schlimmer war, es wurde das bereits Geleistete nicht einmal verstanden. Verschiedene Umstände wirkten zusammen, Mißverständnisse gerade auf dem Gebiet der Ernährungslehre herbeizuführen: vor Allem die in jener Zeit stärker als früher hervortretende Neigung, den Organismen eine besondere Lebenskraft zuzuschreiben, die man mit den mannigfaltigsten Kunst-

fertigkeiten ausstattete, sogar mit der Fähigkeit, Elementarstoffe, Wärme und Anderes aus Nichts zu erzeugen; wo irgend ein Vorgang in den Organismen der physikalisch chemischen Erklärung Schwierigkeiten darbot, da überließ man es einfach der Lebenskraft, die fraglichen Erscheinungen in unerklärlicher Weise zu Stande zu bringen. Es handelte sich dabei nicht um die später von tieferen Denkern behandelte Frage, ob überhaupt außer den allgemeinen, die unorganische Natur beherrschenden Kräften, noch irgend ein besonderes Agens in den Organismen thätig sei. Denn gerade eine sorgfältige Untersuchung dieser Frage hätte zu den ernsthaftesten Versuchen, die Lebenserscheinungen ohne Rest physikalisch oder chemisch zu erklären, hinführen müssen; statt dessen aber machte man es sich bequem, und ließ die als erwiesen angenommene Lebenskraft die allerverschiedensten Dinge vollbringen, wobei man sich der Mühe, die Art, wie dieß bewirkt werde, zu erklären, überhob; die Annahme der Lebenskraft wurde nicht als eine die Untersuchung anspornende Hypothese, sondern als ein jedes Nachdenken überflüssig machendes Gespenst behandelt. Dazu kam nun noch, wo sich die Ernährungsfragen um die Saftbewegung drehten, die höchst mangelhafte Kenntniß der inneren Struktur der Pflanzen, deren Zustand wir bereits im zweiten Buch kennen gelernt haben. So wurde z. B. die Frage nach dem absteigenden Saft durch Du Petit-Thouart's Theorie von den zwischen Rinde und Holz absteigenden Knospenwurzeln in einer kaum glaublichen Weise verwirrt; Reichel's so schlecht bewiesene Ansicht vom Aufsteigen des Saftes in den Holzröhren war jetzt so ziemlich Gemeingut geworden und noch schlimmer war es, daß Andere die Interzellularräume des Parenchyms für die eigentlich saftführenden Organe hielten; noch 1812 mußte Moldenhawer und zwar ohne durchschlagenden Erfolg den Luftgehalt der Holzgefäße nachweisen und noch 1821 Treviranus hervorheben, daß die Spaltöffnungen dem Ein- und Austritt der Luft dienen. Was die Naturphilosophen, wie Kieser z. B., über Ernährung und Saftbewegung sagten, braucht hier nicht einmal weiter beachtet zu werden; aber auch diejenigen,

welche sich von den Auswüchsen dieser Richtung fern hielten, waren nicht im Stande, die Leistungen von Ingen-Houß, Senebier und Saussure zu benutzen oder gar zu fördern. Um nur ein Beispiel hervorzuheben, soll aus Link's 1807 erschienenen, uns bereits bekannten „Grundlehren der Anatomie und Physiologie“ citirt werden, was er über die Function der Blätter sagt; sie ist, heißt es daselbst p. 202, die Ausdunstung nach Hales, die Einsaugung nach Bonnet, das Ausschwitzen und Absondern verschiedener Flüssigkeiten nach Bjerkander, das Aufbewahren der Säfte nach Hedwig, und insofern die Blätter die grüne Oberfläche der Pflanze vermehren, Spaltöffnungen und Haare tragen, in ihrem häufigen Parenchym eine Menge Säfte fassen, könne man ihnen alle diese Funktionen zuschreiben, nur keine ausschließlich; eigenthümlich sei den Blättern nur, daß sie den jungen Theilen bereitete Säfte zuführen.“ Gerade die Hauptsache, daß sie Kohlensäure zersetzen, wird nicht angeführt. Diese Vernachlässigung der Lehren Ingen-Houß', Senebier's und Saussure's war jedoch nicht individuell, sondern namentlich in Deutschland allgemein; wie man zumal aus den Bemühungen ersieht, die Existenz eines absteigenden Saftes in der Rinde wieder ganz in derselben Weise, wie es bereits im 17. und 18. Jahrhundert geschehen war, zu erweisen, nämlich durch den Erfolg ringförmiger Entrindungen u. dergl., während die einfache Erwägung, daß nur in den grünen Blättern kohlenstoffhaltige Pflanzensubstanz gebildet wird, die Existenz eines sogenannten absteigenden Saftes als selbstverständlich hätte erscheinen lassen und zu einer viel klareren Auffassung führen mußte. Diese einfache Erwägung aber wurde auch von denen, welche sich experimentell mit der Bewegung des absteigenden Saftes beschäftigten, entweder ganz übersehen, oder doch nur nebenbei angedeutet; so z. B. selbst in Heinrich Cotta's sonst vielfach lehrreichen „Naturbeobachtungen über die Bewegung und Function des Saftes in den Gewächsen“ 1806 und in Knight's ebenfalls anderweitig brauchbaren Experimenten über das Dickenwachsthum der Bäume. Erst viel später im Beginn der dreißiger

Jahre brach sich bei De Candolle und Dutrochet die Erkenntniß Bahn, daß die Assimilationsthätigkeit der grünen Blätter für die Beurtheilung der Saftbewegung im Stamm maßgebend sein müsse.

Nur ein Theil der Ernährungslehre im weiteren Sinn wurde schon in den zwanziger und dreißiger Jahren weiter ausgebildet, theoretisch vertieft und mit neuen Thatsachen bereichert; dieß war die Lehre von der Sauerstoffathmung aller Pflanzentheile, die schon deßhalb den Anschauungen jener Zeit adäquater war, weil hier die Analogieen mit der thierischen Athmung sich nach jeder Richtung hin von selbst darbieten. Schon 1819 hatte Grishow gezeigt, daß die Pilze überhaupt niemals Kohlensäure zersetzen, sondern immer nur Sauerstoff einathmen und Kohlensäure aushauchen, was 1834 von Marcet noch weiter ausgeführt wurde, nachdem schon vorher 1822 Th. de Saussure eine ausgezeichnete Untersuchung über die Sauerstoffathmung der Blüthen publicirt hatte, eine Arbeit, welche zugleich die erste Grundlage für die Theorie der vegetabilischen Eigenwärme wurde, worauf wir noch zurückkommen. Ausführlich aber wurde zuerst die Sauerstoffathmung der Pflanzen mit der der Thiere verglichen von Dutrochet 1837, der auch ausdrücklich hervorhob, daß nicht nur das Wachsthum, wie bereits Saussure erkannt hatte, sondern auch die Reizbarkeit der Pflanzen, von der Gegenwart des Sauerstoffs, d. h. von ihrer Athmung abhängt. Mit der Erkenntniß, daß die Sauerstoffathmung bei den Pflanzen dieselbe Rolle spielt, wie bei den Thieren, brach sich auch die Ansicht Bahn, daß die vegetabilische Eigenwärme einfach eine Folge der Athmung sei, wie bei den Thieren. Es ist nicht nöthig hier ausführlich auf die vor 1822 über die Eigenwärme der Pflanzen gemachten Versuche einzugehen; sie litten sämmtlich an einer Unklarheit der Fragestellung, die nothwendig jeden Erfolg vereiteln mußte; man suchte die Eigenwärme, von der man annahm, sie müsse sich immer durch eine Temperaturerhöhung der Pflanze über die Umgebung geltend machen, nämlich gerade da nachzuweisen, wo sie am wenigsten zu finden ist, im Holz, in

Früchten und Knollen, überhaupt in ruhenden, unthätigen Theilen. Zudem waren die älteren Versuche, die man in Goeppert's Buch über die Wärmeentwicklung der Pflanzen 1830 zusammengestellt findet, auch in ihrer Ausführung so ungeschickt, daß sie unmöglich zu einem Ergebniß führen konnten. Wenn es sich um die Frage handelte, ob die Pflanzen überhaupt, ähnlich wie die Thiere, Eigenwärme erzeugen, so konnten die wenigen Fälle lebhafter Wärmeentwicklung an Blüthen um so weniger entscheiden, als man sich damals im Zusammenhang mit der Theorie der Lebenskraft gern dem Gedanken hingab, daß gerade die Blüthen als Fortpflanzungsorgane wohl allein die Fähigkeit der Wärmeproduktion besitzen könnten.

Schon 1777 hatte Lavoisier die Quelle der thierischen Eigenwärme in der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Substanz durch den eingeathmeten Sauerstoff klar erkannt und durch Experimente bewiesen. Senebier, der zuerst die Erwärmung des Blüthenkolbens von Arum mit dem Thermometer beobachtete, hatte in seiner Physiologie (III p. 315) schon 1800 wenigstens die Vermuthung geäußert, daß eine kräftige Sauerstoffathmung die Ursache des Phänomens sein könne. 1804 berichtete Bory de St. Vincent, ein Plantagenbesitzer Hubert auf Madagaskar habe unter Anderem beobachtet, daß die Luft, in welcher ein Aroideen-Kolben sich erwärmt hatte, weder thierische Athmung noch Verbrennung unterhalte. Diese Indicien wurden jedoch nicht weiter beachtet, bis Th. de Saussure 1822 direkt den Zusammenhang zwischen Sauerstoffathmung und Erwärmung der Blüthen nachwies. Trotzdem dauerte es noch lange, bis die Eigenwärme der Pflanzen als eine allgemeine und nothwendig mit der Athmung verbundene Thatsache begriffen wurde. Wäre dieß geschehen, so wäre die ganze von Goeppert in seinem erwähnten Buch 1830 angehäufte Masse von Thatsachen überflüssig gewesen, durch welche der Verfasser beweisen wollte, daß die Pflanzen (p. 228) in keiner Epoche ihres Lebens die Fähigkeit besitzen, eine eigene Wärme zu erzeugen, eine Ansicht, die Goeppert jedoch schon 1832 widerrief, indem es ihm gelungen war, an

zusammengehäuften Keimpflanzen, Knollen, Zwiebeln und grünen Pflanzen eine Temperatursteigerung nachzuweisen. Wie schwer es den Physiologen unter der Herrschaft der Lebenskraft wurde, sich an das einfache Princip der Eigenwärme, statt an vereinzelte Beobachtungen zu halten, zeigen auch die Aeußerungen De Candolle's 1835 und noch mehr die von Treviranus 1838. Dagegen ist erfreulich zu sehen, wie Meyen das Princip in seinem neuen System (II 1838) energisch geltend macht und die Wärmeentwicklung der Pflanzen als eine nothwendige Folge der Athmung und der chemischen Prozesse hinstellt. Meyen brachte selbst keine neuen Beobachtungen; dieß thaten aber Vrolik und De Vriese 1836 und 39, indem sie durch mühsame Experimente die Abhängigkeit der Selbsterwärmung der Aroideen-Kolben von der Sauerstoffathmung nachwiesen. Principiell wichtiger aber war der von Dutrochet 1840 unternommene Nachweis, daß auch wachsende Sprossen geringe Quantitäten von Wärme erzeugen, was er mit einem thermoelektrischen Apparat darzuthun versuchte; man mag im Einzelnen an diesen Beobachtungen Dutrochet's Manches auszusetzen finden; leugnen läßt sich jedoch nicht, daß ihnen eine klare Erkenntniß des Princips der Eigenwärme zu Grunde liegt, wenn auch immerhin der Gedanke, daß Wärmebildung in der Pflanze nicht nothwendig mit Temperaturerhöhung verbunden sein muß, da abkühlende Ursachen die Wärmebildung überwiegen können, noch nicht zum Durchbruch kam. Jedenfalls war durch Saussure's, Vrolik's, de Vriese's und Dutrochet's Beobachtungen, ebenso durch Meyen's und Dutrochet's Geltendmachung des Lavoisier'schen Princips die Lehre von der Eigenwärme der Pflanzen in der Hauptsache begründet; es dauerte aber freilich wieder mehr als dreißig Jahre, bis sie zum Gemeingut der Pflanzenphysiologie erhoben wurde.

Mit der Erkenntniß, daß die Eigenwärme der Organismen ein Produkt der durch die Athmung angeregten chemischen Vorgänge sei, war der bisherigen rohen Auffassung der Lebenskraft eine ihrer wichtigsten Stützen entzogen, denn gerade diese galt

seit der aristotelischen Zeit als eine ganz specifische Wirkung derselben. Nunmehr trat aber noch eine andere Entdeckung hervor, welche nicht minder geeignet war, allgemeine und wichtige Lebenserscheinungen der Pflanzen und Thiere auf mechanische Principien zurückzuführen, wo man bisher ebenfalls die Lebenskraft gedankenlos hatte wirken lassen. Es ist für uns ziemlich gleichgiltig, ob man den Breslauer Professor Fischer als den wahren Entdecker der Endosmose (1822) betrachten will; gewiß ist aber, daß **Dutrochet**[1]) diese Naturerscheinung zuerst genauer studirt und vor Allem ihre außerordentliche Wichtigkeit für die Erklärung gewisser Lebenserscheinungen erkannt hat. Von 1826—1837 hob Dutrochet wiederholt die Bedeutung der Endosmose für die Erklärung physiologischer Vorgänge hervor und versuchte er, die verschiedensten Vegetationserscheinungen auf dieses Agens zurückzuführen. Er hatte die Wirkungen der Endosmose zuerst an organischen Gebilden und zwar in ihren mechanischen Effekten kennen gelernt: der Austritt der Zoosporen eines Wasserpilzes und die Ausstoßung des Sperma's aus den Samenbeuteln der Schnecken hatten ihn zuerst auf die Annahme geführt, daß der von den organischen Häuten umschlossene dichtere Inhalt eine

---

[1]) R. H. Joachim Dutrochet, 1776 geboren, stammte aus einer adeligen Familie des Indre-Departements, welche während der Revolution ihr Vermögen verlor; um sich nun einen Unterhalt zu sichern, studirte Dutrochet Medicin und promovirte 1806 an der Pariser Facultät; 1808 und 1809 machte er als Militärarzt den Feldzug in Spanien mit; sobald es ihm jedoch möglich wurde, gab er die Praxis auf, um in tiefer Zurückgezogenheit seinen physiologischen Studien zu leben; zunächst während einer Reihe von Jahren in der Tourraine. Seit 1819 correspondirendes Mitglied der Akademie, sandte er derselben seine Abhandlungen, und als er 1831 ordentliches Mitglied wurde, zog er nach Paris, wo er jedoch nur die Wintermonate zu verleben pflegte. Ein heftiger Stoß an den Kopf verursachte ihm ein langwieriges Kopfleiden, an welchem er zwei Jahre später 1847 starb. — Dutrochet war auch in der Thierphysiologie einer der erfolgreichsten Vorkämpfer der neueren Richtung, welche in den zwanziger und dreißiger Jahren die alte vitalistische Schule zu verdrängen begann. (Allgemeine Zeitung 1847 p. 780.)

Anziehung auf das umgebende Wasser ausübe, welches in den geschlossenen Raum eindringend daselbst im Stande ist, namhafte Druckkräfte geltend zu machen. Die Hervorhebung dieser mechanischen Wirkung der Endosmose und ihre Verwerthung zur Erklärung verschiedener Lebenserscheinungen ist ganz vorwiegend ein bleibendes Verdienst Dutrochet's; zahlreiche Erscheinungen, an deren mechanische Erklärung man bis dahin kaum dachte, konnten nunmehr auf ein mechanisches Princip zurückgeführt werden, dessen Wirkungen sich auch außerhalb des Organismus an künstlichen Apparaten hervorrufen und genauer studiren ließen. Mit Recht legte Dutrochet besondern Werth darauf, daß sich durch Endosmose und Exosmose ohne Weiteres die verschiedenen Turgescenzzustände des Pflanzengewebes erklären lassen, wenn er auch, wie es in solchen Fällen zu geschehen pflegt, das neu erkannte Erklärungsprincip selbst da zur Geltung brachte, wo es nicht am Orte war, wie wir noch weiter sehen werden. Was Dutrochet über das Wesen der Endosmose selbst zu Tage förderte, kann gegenwärtig als durchaus veraltet betrachtet werden und ebensowenig gelang es dem Mathematiker Poisson und dem Physiker Magnus im Beginn der dreißiger Jahre eine genügende Theorie der Endosmose und der Exosmose aufzustellen. Erst im Lauf der nächsten zwanzig bis dreißig Jahre zeigte sich, daß die von Dutrochet beobachteten Erscheinungen, welche er als Endosmose und Exosmose bezeichnet hatte, nur besondere complicirtere Fälle der sogenannten Hydrodiffusion darstellen, die selbst wieder mit der Gasdiffusion ein weitläufiges Feld der Molecularphysik ausmacht. Dutrochet hatte ebenso, wie seine nächsten Nachfolger seine Untersuchungen über die Osmose mit thierischen und complicirt gebauten pflanzlichen Häuten ausgeführt, und mit diesen jedesmal außer dem endosmotischen Strom, welcher das Wasser zu der dichteren Lösung hinführte, einen Austritt von gelöster Substanz selbst erhalten, woraus er schloß, daß durch die die beiden Flüssigkeiten trennende Haut immer zwei entgegengesetzte Strömungen stattfinden müssen, daß nach seiner Ausdrucksweise mit der Endosmose auch immer Exosmose verbunden sei; dieser

Irrthum, der später sogar zu einer Theorie vom endosmotischen Aequivalent ausgebildet wurde, hat bis auf die neuere Zeit ganz wesentlich dazu beigetragen, die Zurückführung gewisser Vegetationserscheinungen auf die Vorgänge der Hydrodiffusion unmöglich zu machen oder zu erschweren; um hier nur Ein Beispiel zu nennen, hob schon Schleiden mit Recht hervor, daß, wenn die Endosmose in Dutrochet's Sinn die alleinige Ursache der Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln sei, nothwendig auch eine entsprechende Exosmose an den Wurzeln stattfinden müsse; eine solche, sogenannte Wurzelausscheidung glaubte nun freilich Macaire Prinsep aufgefunden zu haben und selbst Liebig hielt bis in die neuere Zeit an der Existenz einer solchen fest, obgleich schon Wiegman und Polstorff 1842 und spätere sorgfältigere Untersuchungen zeigten, daß den großen Mengen von Wasser und darin gelösten Stoffen, welche die Wurzeln aufnehmen, keine irgendwie nennenswerthe Ausscheidung durch Exosmose entspricht. Auch genügte Dutrochet's Endosmosentheorie noch keineswegs, Rechenschaft davon zu geben, wie die einzelnen Nährstoffe in die Pflanze eintreten und in ihr sich verbreiten. Trotz dieser und mancher anderer Mängel jedoch verdiente sie nicht bloß deßhalb die größte Beachtung, weil sie den ersten Anstoß zu der späteren Ausbildung der Diffusionstheorie gab, sondern ebensosehr, weil in ihr ein mechanisches Princip zur Erklärung der verschiedensten, bis dahin unerklärten Vegetationserscheinungen lag. Dutrochet versäumte auch nicht, dieses Letztere wo nur irgend thunlich, zur Geltung zu bringen; so vor Allem in seiner Abhandlung über den auf- und absteigenden Saft. (Memoires 1837 I p. 365 ff.), welche sich vor allem bis dahin über die Saftbewegung in den Pflanzen Geschriebenen durch Klarheit der Fragestellung und Uebersichtlichkeit der Behandlung des Thema's auszeichnet. Namentlich ist hervorzuheben, daß Dutrochet die Bedeutung der Blattfunktion sowohl für den aufsteigenden, wie für den absteigenden Saft richtig erkannte und zum Theil sogar den principiellen Fehler andeutete, der in den früheren Experimenten mit Aufsaugung farbiger Flüssigkeiten

liegt. Nachdem er eine Reihe sehr guter Beobachtungen über die Wege des auf- und absteigenden Saftes mitgetheilt, namentlich auch hervorgehoben, daß die Holzgefäße der Rebe nur zur Zeit des Blutens im Frühjahr der Saftbewegung dienen, dagegen im Sommer, wo durch die Transspiration die lebhafteste Wasserströmung im Holz hervorgerufen wird, Luft führen; ging er zur Betrachtung der Kräfte über, durch welche sowohl im Frühjahr wie im Sommer die Bewegung des im Holz aufsteigenden Saftes vermittelt wird. Sehr zweckmäßig unterscheidet er zunächst, was bis dahin immer vermengt worden war, das Austhränen abgeschnittener Wurzelstöcke von dem Aufsteigen des Saftes im Holz transspirirender Pflanzen; das Erste findet nach ihm durch Impulsion, das Andere durch Attraktion statt, oder wie wir jetzt sagen würden, bei thränenden Wurzelstöcken wird das Wasser hinaufgepreßt, bei transspirirenden Pflanzen hinaufgesogen. Die Erscheinung der Impulsion nun führt er auf die Endosmose an den Wurzeln zurück und, ohne viel auf das Detail der anatomischen Verhältnisse einzugehen, vergleicht er einen blutenden Wurzelstock mit seinem Endosmometer, in dessen Steigrohr sich in Folge der Endosmose die eingesogene Flüssigkeit erhebt und oben sogar ausfließt; ein tieferes Verständniß der Erscheinung war damit freilich nicht erzielt, aber doch wenigstens das Erklärungsprincip angedeutet. Ebenso suchte Dutrochet nun auch die Bewegung des im Holz aufsteigenden Wassers transspirirender Pflanzen durch Endosmose im Holz von Zelle zu Zelle zu erklären. Das war nun freilich, wie die Zukunft lehrte, durchaus verfehlt, sehr gut aber verstand es Dutrochet, die früher versuchten mechanischen Erklärungen als unrichtig zu kennzeichnen und die ganze Abhandlung ist, wenn auch in ihrem Hauptergebniß ungenügend, doch durch eine große Zahl sinnreicher Experimente und scharfsinniger Bemerkungen ausgezeichnet.

Ueberhaupt war Dutrochet in den zwanziger und dreißiger Jahren neben Theodor de Saussure, der sich ausschließlich mit chemisch-physiologischen Fragen beschäftigte, der einzige Vertreter der Pflanzenphysiologie, der sich mit allen wichtigeren

Fragen derselben eingehend und experimentell befaßte: seiner trefflichen Abhandlung über die Athmung der Pflanzen wurde bereits oben gedacht; sie ist außerdem noch deßhalb für ihre Zeit von großem Gewicht, weil Dutrochet hier zuerst die chemischen Vorgänge der Athmung, den Ein- und Austritt der Gase mit den Luftwegen der Pflanze, den Spaltöffnungen, Gefäßen und Interzellularräumen in richtigen Zusammenhang brachte und die Zusammensetzung der in den Hohlräumen der Pflanzen enthaltenen Luft einer sorgfältigen Betrachtung unterzog; auch diese Abhandlung war zu ihrer Zeit 1837 und noch lange nachher das Beste, was man über die Athmung der Pflanzen lesen konnte und wenn er auch darin einen Mißgriff beging, daß er als das Hauptagens bei der Athmung den von der Pflanze selbst im Licht entbundenen Sauerstoff betrachtete, während die sonstige Sauerstoffaufnahme ihm nur als subsidiäre galt, so entschädigte doch dafür die entschiedene Betonung der Thatsache, daß nur chlorophyllhaltige Zellen Sauerstoff entbinden und noch mehr die richtige Unterscheidung zwischen Athmung durch Sauerstoffaufnahme und der Kohlensäurezersetzung am Licht; diese beiden Vorgänge wurden schon damals und später sehr unzweckmäßiger Weise als Tages- und Nachtathmung der Pflanzen unterschieden und diese ganz schiefe, das Verständniß durchaus hindernde Ausdrucksweise ist dann trotz des 1851 auch von Garreau erhobenenen Protestes doch bis in die sechziger Jahre hinein beibehalten worden, wo es endlich einem neueren deutschen Pflanzenphysiologen gelang, die richtige Unterscheidung zwischen Athmung und Assimilation der Pflanzen allgemein zur Geltung zu bringen. — Auch mit dem Worte Saftcirculation wurde in den dreißiger Jahren eine arge Verwirrung angerichtet: Man glaubte in der von Corti entdeckten, von Amici genauer beschriebenen „Circulation des Saftes“ (Protoplasma's) in den Schläuchen der Charen einen Beweis für die Existenz einer Saftcirculation auch in höheren Pflanzen finden zu müssen; Dutrochet (Memoires I. p. 431) wies ausdrücklich diese Begriffsverwirrung zurück und erwarb sich zugleich das Verdienst,

die „Circulation des Lebenssaftes", welche Schultz-Schultzenstein von der Pariser Akademie sich mit einem Preis hatte krönen lassen, als einen groben Irrthum zurückzuweisen.

Auf seine sehr ausführlichen Untersuchungen über die Reizbewegungen der Pflanzen, die er ebenfalls zuerst auf endosmotische Turgescenzänderungen in den Geweben zurückzuführen suchte, ohne jedoch den anatomischen Bedingungen derselben gerecht zu werden, kommen wir im folgenden Kapitel noch zurück. Hier aber mag noch die Bemerkung Platz finden, daß Dutrochet's Leistungen, zumal in Deutschland vielfach unterschätzt worden sind und zwar zum großen Schaden der Pflanzenphysiologie selbst. Mit Recht wurde von seinen jüngeren deutschen Zeitgenossen Mohl und Schleiden, später auch von Hofmeister das Irrthümliche und zum Theil Willkührliche in Dutrochet's mechanischen Erklärungen verschiedener Bewegungserscheinungen nachdrücklich hervorgehoben und nicht leugnen läßt sich, daß er vielfach in sehr bedenkliche Unklarheiten verfiel, z. B. wenn er ohne ersichtlichen Zusammenhang, als eine mechanische Bedingung des Saftsteigens, sowie der heliotropischen Krümmungen die Sauerstoffathmung betrachtete und daß seine Erklärungsversuche häufig sehr gezwungen und von vornherein unwahrscheinlich klangen: das Alles hindert jedoch nicht, daß ein aufmerksamer Leser auch jetzt noch in seinen physiologischen Schriften vielfach Belehrung und noch mehr Anregung zu eigener Untersuchung findet. Dutrochet war ein entschieden geistreicher Mann, ein selbständiger Denker, der sich zwar oft durch seine eigenen Vorurtheile beirren ließ, dafür aber den alten überlieferten Schlendrian in der Behandlung physiologischer Begriffe energisch entgegentrat und an die Stelle behaglicher Erzählung und bloßer Anhäufung einzelner Beobachtungen, wie sie damals Mode war, eine kritische Behandlung der Literatur sowohl, wie seiner eigenen Untersuchungen treten ließ. Nach Saussure's Recherches chimiques sind bis zum Jahre 1840 Dutrochet's Memoires pour servir á l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux 1837 ohne Zweifel

das Beste, was die physiologische Literatur in diesem langen Zeitraum aufzuweisen hat; hätten die späteren Botaniker, statt sich an seine Fehler zu hängen, das wirklich Gute in seiner Gesammtauffassung der Pflanzenphysiologie sorgfältig und kritisch weiter kultivirt, so wäre diese Disciplin in den vierziger und fünfziger Jahren gewiß nicht in dem Grade in Verfall gerathen, wie es wirklich geschehen ist. Um zu erfahren, welche Bedeutung Dutrochet in den dreißiger Jahren als Pflanzenphysiolog besaß, braucht man sein erwähntes Werk nur mit den besten Lehrbüchern der Pflanzenphysiologie desselben Jahrzehntes, mit denen von De Candolle, Treviranus und Meyen zu vergleichen. Keines derselben erreicht an Scharfsinn und Tiefe der Behandlung Dutrochet's Memoires.

Die drei eben erwähnten Lehrbücher enthielten zwar wenig oder nichts Neues auf dem Gebiet der Ernährungslehre, weder an Thatsachen, noch an Gedanken; alle drei waren vielmehr Sammlungen des bis dahin Bekannten und eigenthümlich war jedem nur die Auswahl des Stoffes und die Form, welche es der Ernährungslehre zu geben suchte; aber gerade hierin liegt ein Grund, uns diese Bücher noch etwas näher anzusehen, da wir in ihnen den Zeitgeist, wie er sich damals in der Pflanzenphysiologie abspiegelte und sich auf dem Gebiet der Ernährungslehre geltend machte, kennen lernen.

P. de Candolle's Werk erschien in zwei Bänden, von denen der erste allein der Ernährungslehre gewidmet ist, 1832 französisch und schon 1833 in deutscher Uebersetzung unter dem Titel: „Pflanzenphysiologie oder Darstellung der Lebenskräfte und Lebensverrichtungen der Gewächse“ mit zahlreichen, werthvollen Anmerkungen des Uebersetzers Roeper. Das Werk leidet gleich den beiden anderen und gleich den früheren Werken von Du Hamel, Mustel u. a. ganz vorwiegend an einer zu großen Breite der Behandlung, durch welche das principiell Wichtige in einem ungeheuren Ballast von Thatsachen und Literaturangaben sich verbirgt. Sehr Vieles ist darin aufgenommen, was entweder als gänzlich veraltet völlig wegbleiben konnte,

oder als rein chemisches Beobachtungsmaterial eine eigentlich physiologische Auswerthung damals noch nicht erlaubte. Trotzdem verdiente das Werk die große Beachtung, welche ihm zumal in Deutschland lange Zeit geschenkt wurde, denn De Candolle hatte sich die Aufgabe gestellt, die Pflanzenphysiologie als eine in sich abgeschlossene eigenartige Wissenschaft zu behandeln, gleichzeitig den physikalischen, chemischen, phytotomischen und eigentlich biologischen Anforderungen gerecht zu werden und so ein vollständiges und allseitiges Bild des Pflanzenlebens zu entwerfen; während gerade das Beste, was seit Du Hamel zumal über die Ernährung der Pflanzen geschrieben worden war, von Chemikern und Physikern, zum Theil von Pflanzenzüchtern, wie Knight und Cotta herrührte, von denen jeder einseitig seinen eigenen Standpunct geltend machte, keiner aber die Gesammtheit aller Vegetationserscheinungen in Zusammenhang zu bringen suchte; dem gegenüber ist De Candolle's Pflanzenphysiologie eben durch die Gesammtform, welche er der Wissenschaft zu geben suchte, seit Du Hamel's Physique des arbres die bedeutendste Leistung und wenn es darauf ankommt, zu erfahren, welchen Fortschritt die gesammte Pflanzenphysiologie und im Besonderen die Ernährungslehre in dem Zeitraum von 1758 — 1832 gemacht hat, so braucht man nur den Inhalt dieser beiden Werke zu vergleichen; daß dieser Fortschritt immerhin ein sehr beträchtlicher war, wird eine kurze Uebersicht der gesammten Ernährungstheorie, wie De Candolle sich dieselbe am Schluß des ersten Bandes zurecht legte, deutlich genug erkennen lassen; zugleich zeigt uns dieselbe, daß De Candolle vorwiegend darauf ausging, mehr die gesammte innere Oekonomie der Pflanze zu klarer Vorstellung zu bringen, als die treibenden Kräfte, die Ursachen und Wirkungen aufzusuchen. Von Letzterem mußte ihn schon die Annahme der Lebenskraft abhalten. Er unterschied nämlich vier Arten von Kräften: die Anziehungskraft, welche die physikalischen; die Wahlverwandtschaft, welche die chemischen Erscheinungen hervorruft; ferner die Lebenskraft als den Urquell aller physiologischen, und die Seelenkraft als

den der psychischen Phänomene. Von diesen Kräften seien nur die ersten drei in der Pflanze thätig und wenn es auch nothwendig sei, genau zu untersuchen, welche Vegetationserscheinungen physikalischer oder chemischer Natur sind, so bleibe doch die Hauptaufgabe der Pflanzenphysiologie gerade die Erkenntniß derjenigen Erscheinungen, welche durch die Lebenskraft hervorgerufen werden. Die letzteren seien aber vorwiegend solche, welche mit dem Tode der Pflanze aufhören (p. 6). Natürlich mußten auf diese Weise alle eigentlichen Ernährungserscheinungen, welche ausschließlich an der lebenden Pflanze auftreten, mit in das Bereich der Lebenskraft fallen. Man muß jedoch zugestehen, daß De Candolle von seinem Standpunct aus einen sehr mäßigen Gebrauch von der Lebenskraft machte, sich, wo irgend möglich, an physikalisch-chemische Erklärungen hielt und wenn es ihm nicht gelang auf diesem Wege Vieles, was er vitalistisch erklärte, physikalisch-chemisch zu deuten, so war daran weniger sein philosophischer Standpunct, als vielmehr seine weniger auf Forschung als auf Belehrung und Ueberlieferung ausgehende Darstellung Schuld. Zwar war De Candolle mit den Thatsachen der Physik und Chemie seiner Zeit vielleicht besser als irgend ein anderer Botaniker bekannt, und aller Anerkennung werth ist es, daß er neben seiner großartigen Thätigkeit als Systematiker und Morpholog sich soviel Verständniß physikalisch chemischer Dinge aneignen konnte; aber immerhin fehlte es ihm, in späteren Jahren wenigstens, an der Uebung und Gewohnheit physikalischen Denkens, welches dem Physiologen wichtiger ist, als zahlreiche physikalische Einzelkenntnisse. Das eben Gesagte trifft jedoch den großen Systematiker in weit geringerem Grade als Treviranus und Meyen, deren Werke bald darauf erschienen.

Nachdem De Candolle Alles zusammengetragen, was die Literatur seit der ältesten Zeit an physiologischen Thatsachen, namentlich auch in den letzten Jahrzehnten an chemischen Untersuchungen der Pflanzenstoffe zu Tage gefördert hatte, sucht er schließlich ein Gesammtbild der Ernährungsvorgänge der Pflanzen

zu entwerfen: „Die Saugschwämmchen (spongiolae, eine trübselige Erfindung De Candolle's, die seitdem nicht mehr aus der französischen Literatur verschwunden ist und selbst in Liebig's neuestem Werk noch eine Rolle spielt) der Wurzeln saugen, vermöge ihrer lebensthätigen Contractilität und mit Hilfe der ihrem Gewebe inwohnenden Haarröhrchenthätigkeit und hygroskopischen Kraft, das sie umgebende Wasser nebst den salzartigen organischen oder gasförmigen Theilen ein, mit denen es etwa beladen ist. Durch die Wirkung einer sich vorzüglich durch die Contractilität der Zellen und vielleicht auch der Gefäße äußernden, durch die Hygroskopicität und Haarröhrchenthätigkeit des Gewebes, sowie den durch die Aushauchung hervorgebrachten leeren Raum und noch andere Ursachen unterstützten Thätigkeit wird das von den Wurzeln eingesogene Wasser durch den Holzkörper hindurch und insbesondere in den Interzellulargängen bis zu den blattartigen Theilen geführt. Zu den blattartigen Theilen gelangt dieses Wasser indem es in senkrechter Richtung von den Blättern und in seitlicher Richtung, zu jeder Jahreszeit, vorzüglich aber im Frühling von der zelligen Hülle (Rindenparenchym) angezogen wird; ein beträchtlicher Theil wird den Tag über durch die Spaltöffnungen als reines Wasser in die Außenwelt ausgehaucht, und läßt in den Organen, in welchen diese Aushauchung stattfindet, alle salzartigen Theile und namentlich alle mineralischen Bestandtheile, welche es enthielt, zurück. — Der rohe Nahrungssaft, welcher in den blattartigen Theilen anlangt, wird daselbst von dem Sonnenlichte getroffen, und vermittelst dieser Kraft wird das im Nahrungssafte aufgelöste kohlensaure Gas (mag dieses nun von dem durch die Wurzeln eingesogenem Wasser oder aus der atmosphärischen Luft herrühren, oder auch demjenigen angehören, welches der Sauerstoff der Luft mit dem überschüssigen Kohlenstoff der Pflanze erzeugte) während des Tages zersetzt; der Kohlenstoff setzt sich an die Pflanze ab, und der Sauerstoff wird als Gas in die Außenwelt entleert. Die unmittelbare Folge dieser Operation scheint die Bildung von Gummi zu sein, welches aus einem Atom Wasser und einem

Atom Kohlenstoff besteht, und durch sehr geringe Umänderungen in Stärkemehl, Zucker und Holzstoff verwandelt werden kann, lauter Verbindungen, deren Zusammensetzung fast die gleiche ist. Der durch diese Verarbeitungen gelieferte Nahrungssaft, welcher im einfachsten und gewöhnlichsten Zustande Gummi zu sein scheint, steigt während der Nacht, bei den Exogenen längs der Rinde und dem Spint, bei den Endogenen längs dem Holzkörper, von den Blättern zu den Wurzeln wieder hinab. Unterwegs stößt er, vorzüglich in der Rinde und nahe bei dem Ort, wo er gebildet ward, auf Drüsen oder drüsige Zellen, die sich von ihm vollsaugen und in ihrem inneren Raume besondere Substanzen erzeugen, von denen die meisten nicht zur Ernährung der Pflanzen dienen können und welche dazu bestimmt sind, in die Außenwelt entleert, oder anderen Stellen des Gewebes zugeführt zu werden. Auf seinem Wege setzt er die Nahrungsstoffe ab, welche in dem Holzkörper mehr oder minder mit dem aufsteigenden rohen Nahrungssafte gemengt, oder mit dem Wasser, welches die Zellenhülle seitwärts durch die Markstrahlen an sich zieht, eingesogen, von den Zellen und insbesondere den rundlichen oder nur wenig lang gestreckten Zellen aufgesogen und weiter ausgebildet werden. Diese Ablagerung von Nahrungsstoffen, welche hauptsächlich aus Gummi, Stärkemehl, Zucker, vielleicht aus Holzstoff, und bisweilen aus fettem Oel besteht, findet häufig in dazu vorausbestimmten Organen statt, aus welchen diese Stoffe später wieder aufgesogen werden, um alsdann zur Ernährung anderer Organe zu dienen. — Das Wasser, welches von der Wurzel zu den blattartigen Theilen in die Höhe steigt, kommt in diesen fast rein an, wenn es durch holzige Theile, deren Moleküle wenig auflöslich sind, schnell durchströmt. Wenn im Gegentheil das Wasser solche Stellen durchströmt, an denen viel rundliches, mit Nahrungsstoffen angefülltes Zellgewebe vorkommt, so fließt es langsamer, vermengt sich mit diesen Stoffen und löst sie auf; wird es nun durch die Lebensthätigkeit der sich entwickelnden Theile über diese Stellen hinaus angezogen, so gelangt es nicht mehr als reines Wasser, sondern als Nahrungsstoffe führendes

Wasser zu den erwähnten Theilen. Die Säfte der Pflanzen scheinen hauptsächlich durch die Interzellulargänge weiter geschafft zu werden. Die Gefäße nehmen wahrscheinlich in gewissen Fällen an diesen Verrichtungen Theil, dienen aber meistens nur als Luftkanäle. — Wie es scheint, sind die Zellen, die bei der Ernährung wirklich thätigen Organe, in denen die Zersetzung und Assimilation der Säfte vor sich geht. Die Cyclose (nämlich des Schultze'schen Lebenssaftes) ist eine Erscheinung, die nur mit der Bereitung der Milchsäfte in genauer Verbindung zu stehen scheint und durch die lebensthätige Contractilität der Zellwände oder der Röhren veranlaßt wird. In jeder Zelle setzen sich holzige oder andere Substanzen in je nach den Arten und Nebenumständen verschiedenen Mengen ab und bekleiden ihre Wände; die ungleiche Dicke dieser abgelagerten Schicht scheint nach Hugo Mohl die Veranlassung zur Annahme durchlöcherter Zellen gegeben zu haben; es erscheinen nämlich die durchsichtig bleibenden Stellen der Zellenwände unter dem Mikroskope wie Poren. — Jede Zelle kann allerdings als ein Körper betrachtet werden, der in seinem Innern Säfte bereitet; es steht aber bei den Gefäßpflanzen ihre Thätigkeit dermaßen mit einem aus Organen zusammengesetzten Ganzen in Verbindung, daß eine einzelne Zelle nicht das ganze Wesen vorstellt, wie man es hingegen von den unter sich ähnlichen Zellen gewisser Zellularpflanzen sagen kann. — Einen dem Kreislaufe der Thiere wirklich ähnlichen Kreislauf beobachtet man bei den Pflanzen nicht, wohl aber findet ein abwechselndes Auf- und Absteigen des rohen Nahrungssaftes und des mit ihm oft vermengten Bildungssaftes statt. Diese beiden allgemeinen Erscheinungen werden vielleicht durch die Contractilität der noch jungen Zellen bedingt, welches Zusammenziehungsvermögen alsdann die wahre Lebensverrichtung der Pflanzen sein würde."

Das für uns Fremdartige in De Candolle's Ernährungstheorie verdankt sie ganz vorwiegend dem Vorwalten der Lebenskraft; dabei giebt sie jedoch die Thatsachen in ihrem Gesammtzusammenhang und das Beste an ihr ist, daß im Centrum

sämmtlicher Ernährungsvorgänge die richtig erkannte Blattfunktion, die Zersetzung der Kohlensäure am Licht und die Erzeugung der organisirbaren Substanz in den Blättern steht. Ganz anders gestalteten sich in dieser Beziehung die Ansichten der beiden hervorragendsten deutschen Pflanzenphysiologen am Schluß des hier betrachteten Zeitraums: von Treviranus nämlich und Meyen, so verschieden auch beide sonst in ihrer Gesammtauffassung der Pflanzenphysiologie sich darstellen. In Treviranus gipfelt gewissermaßen Alles, was die ersten drei Jahrzehnte unseres Jahrhunderts an Vorurtheilen und Irrthümern auf Grund der Annahme der Lebenskraft hervorgebracht haben; zu einer Zeit, wo Andere bereits die physikalisch-mechanische Erklärung der Vegetationserscheinungen, als das anzustrebende Ziel, aufstellten, suchte Treviranus noch einmal das ganze Rüstzeug der veralteten Lebenskraftlehre hervor, so zwar, daß seine Physiologie der Gewächse, als sie 1835 erschien, auch schon als veraltet gelten konnte. In scharfem Gegensatz zu ihm trat Meyen im zweiten Band seines neuen Systems der Pflanzenphysiologie 1838; wo irgend möglich sucht er die Vegetationserscheinungen auf physikalisch mechanische und chemische Ursachen wieder zurückzuführen, wenn es ihm auch selten gelingt, in dieser Richtung etwas Neues und dauernd Brauchbares zu Tage zu fördern. Denn ihm sowohl, wie Treviranus fehlte gründliche physikalische und chemische Bildung; sie standen nicht wie einst Hales und Malpighi in dieser Beziehung auf der Höhe ihrer Zeit; dabei lag aber ein großer Unterschied in der Behandlung der ihnen vorliegenden Literatur: Treviranus, der in früheren Jahren sich um die Phytotomie namhafte Verdienste erworben hatte, war dieser Aufgabe nicht gewachsen; in allen seinen physiolgischen Darlegungen spricht sich eine greisenhafte Gedankenschwäche, eine Unfähigkeit, den Zusammenhang der Thatsachen zu übersehen, aus; alles in den letzten Jahrzehnten Geleistete ist ihm verdächtig, fast überall stützt er sich auf das im 18. Jahrhundert Publicirte, ja er lebt in den Vorstellungen dieser Vergangenheit, ohne sich indessen an der treffenden Logik und Gedankenfrische eines Mal-

pighi, Mariotte und Hales zu erwärmen. Ganz im Gegensatz dazu erscheint Meyen's Behandlung der Physiologie frisch und jugendlich; ohne das Alte zu mißachten, hält er sich doch vorwiegend an die neueren Errungenschaften der Wissenschaft; während Treviranus mit merkwürdigem Mißgeschick fast immer das Brauchbare und Folgenreiche übersieht, findet Meyen aus der vorliegenden Literatur gewöhnlich das Beste heraus; furchtsam vermeidet Treviranus, irgend eine Ansicht entschieden auszusprechen und sie festzuhalten, wogegen Meyen, bei seiner uns bereits bekannten Massenproduktion, keine Zeit findet, seine Gedanken zu ordnen, in seinem Urtheil sich vielfach überstürzt und sich häufig widerspricht. Trotz dieser Mängel in Meyen's Darstellung, erscheint er jedoch als Vorkämpfer der sich neu anbahnenden Richtung; während Treviranus ganz und gar in der Vergangenheit lebt, und in ihm keine Spur des rüstig schaffenden Geistes zu finden ist, der sich bald darauf im Beginn der vierziger Jahre auf allen Gebieten der Naturwissenschaft so kräftig entfalten sollte.

Betrachten wir nun, was beide auf dem Gebiet der Ernährungslehre leisteten, so zeigen sich die angegebenen Unterschiede ihrer Gesammtauffassung zunächst in der Behandlung der aufsaugenden Thätigkeit der Wurzel, der Mechanik des aufsteigenden Saftes; hier ist bei Treviranus Alles Lebenskraft, die Gefäße des Holzes leiten vermittelst derselben die Säfte aus den Wurzeln in die Blätter und dergleichen Veraltetes mehr; Meyen dagegen acceptirt Dutrochet's Standpunct und weist sogar die Wurzelschwämmchen De Candolle's zurück. Mit der Athmung weiß Treviranus Nichts anzufangen; Meyen erklärt sie rundweg als eine der thierischen Athmung entsprechende Function und findet in ihr die Hauptursache der Eigenwärme, welche Treviranus in alterthümlicher mystischer Weise aus der Lebenskraft ableitet. In Einem Punct aber stimmen beide überein, in der völligen Verkennung der maßgebenden Bedeutung der Kohlensäurezersetzung in den Blättern für die gesammte Ernährung der Pflanzen. Es ist zum Verständniß der Begriffsverwirrung,

welche sich damals in die Ernährungslehre eingeschlichen hatte und zur richtigen Würdigung dessen, was bald darauf Liebig und Boussingault leisteten, nöthig, noch etwas näher auf die chemische Seite der Ernährungstheorie bei Treviranus und Meyen einzugehen.

Treviranus lehnte zwar in der Einleitung seines Werkes eine von der Materie trennbare Lebenskraft ab, war aber trotzdem ganz und gar in dem Gedankenkreise derselben befangen und machte von ihr einen viel ausgiebigeren Gebrauch als De Candolle; noch schlimmer aber war, daß ihn seine höchst mangelhafte chemische Bildung auf die grob materialistische Annahme einer Lebensmaterie verfallen ließ (l. c. I. p. 6). Diese Lebensmaterie sei jenes halbflüssige Wesen, welches man durch Kochen und Fäulniß aus allen belebt gewesenen Körpern erhalte. sie entstehe zwar aus den Elementen, sei aber selbst der eigentliche Elementarstoff, mit dem es die Physiologie allein zu thun habe; sie sei dem Thier- und Pflanzenreich gemeinschaftlich, am reinsten zeige sie sich in Form von Schleim, Eiweiß und Gallert; da Thiere und Pflanzen gleichmäßig aus dieser Lebensmaterie bestehen, so erkläre sich, warum die Pflanzen den Thieren und umgekehrt, die Thiere den Pflanzen zur Nahrung dienen. Im weiteren Verfolg von Treviranus' Ernährungslehre zeigt sich nun, daß eine ähnliche schmierige Substanz, welche die Chemiker den Extraktivstoff des Bodens nannten, und den auch allerdings viele Chemiker für einen wesentlichen Nährstoff der Pflanzen hielten, die eigentliche Nahrung der Pflanzen darstelle. Der Extraktivstoff des Bodens war also die Lebensmaterie, welche die Pflanzen aufsaugen; es war natürlich daß Treviranus auf die Kohlensäurezersetzung in den Blättern kein weiteres Gewicht legte, um so mehr, als er den chemischen Zusammenhang alles dessen, was Ingen-Houß, Senebier und Saussure geleistet, nicht verstand. Die Mitwirkung des Lichts zur Ernährung der Pflanzen erklärte er für eine bloß „formelle Bedingung“ und die im Bodenwasser gelösten Salze waren ihm Reizmittel für die Wurzelenden, die sich dadurch in „Lebensturges-

cenz“ versetzt fühlten, und da für Treviranus die Blattfunktionen, wie Malpighi und Hales sie geahnt, Ingen-Houß, Senebier und Saussure sie bewiesen hatten, nicht existirte, so fand nach ihm auch die Assimilation des Bodensaftes einfach unterwegs statt, während er die Pflanze aufsteigend und absteigend durchströmte. Es läßt sich, wie man sieht, Nichts kläglicheres denken, als diese Ernährungstheorie; sie wäre schlecht gewesen am Ende des 17. Jahrhunderts, sie war ein unbegreiflicher Rückschritt dreißig Jahre nach Saussure's Werk.

Im Einzelnen ist Vieles besser in Meyen's Ansichten über die chemischen Vorgänge bei der Ernährung der Pflanzen; vor Allem weiß er aus den früheren Versuchen zu folgern, daß die mit dem Wasser in die Wurzeln eintretenden Salze nicht bloß Reizmittel, sondern Nahrungsstoffe sind und, wie schon erwähnt, wußte er sich die Sauerstoffathmung der Pflanzen nach Saussure's Beobachtung trefflich zurecht zu legen; aber auch ihm war die Kohlenstoffassimilation der Stein des Anstoßes; wie so Vielen vor und nach ihm, wurde auch ihm das Verständniß verwirrt durch die simple Thatsache, daß es sich sowohl bei der Ernährung, wie bei der Athmung der Pflanzen um gasförmige Stoffe handelt; indem er beide Vorgänge als Respirationsprocesse in einen Topf warf, schien ihm die Sauerstoffathmung als die allein wichtige und begreifliche Funktion; während ihm die Kohlensäurezersetzung am Licht unnöthig, für den Haushalt der Pflanze gleichgiltig erschien; statt eine einfache Rechnung anzustellen, ob die anscheinend so geringe Menge der atmosphärischen Kohlensäure nicht doch vielleicht ausreiche, um die Vegetation mit Kohlenstoff zu versehen, erklärt er sie einfach für ungenügend, und weil Pflanzen in sterilem Boden mit kohlensaurem Wasser begossen nicht gedeihen wollten, war es mit der Bedeutung der Kohlensäure vorbei. Auch ihm war die von den Chemikern unterdessen ausgebildete Humustheorie bequemer; wie Treviranus ließ auch er den gesammten Kohlenstoff der Pflanzen aus Bodenextrakt sich absetzen, ohne auch nur die hier einschlägigen Thatsachen sich genauer anzusehen; daß ein Vege-

tationsboden durch die Pflanzen nicht ärmer, sondern reicher an Humus wird, leugnete Meyen ausdrücklich. Es versteht sich nun von selbst, daß alles, was Treviranus und Meyen über die chemische Seite der Pflanzenernährung etwa sonst noch im Einzelnen richtig zu sagen wußten, doch für eine Gesammtauffassung der Ernährungsvorgänge völlig werthlos blieb, da die Cardinalpuncte der gesammten Ernährungstheorie der Pflanzen: die Herkunft des Kohlenstoffs derselben, die Mitwirkung des Lichts und der Atmosphäre durchaus verkannt waren. Das Beste, was Ingen-Houß, Senebier und Saussure geleistet hatten, war so für die deutschen Pflanzenphysiologen völlig abhanden gekommen.

6.

Feststellung des Nahrungsmaterials der Pflanzen.

1840 — 1860.

Im vorigen Abschnitt zeigte sich bereitts, wie schon im Lauf der dreißiger Jahre Ansichten hervortraten, welche geeignet waren, die Annahme der Lebenskraft wenigstens bei der Erklärung einzelner wichtiger Vegetationserscheinungen als überflüssig erscheinen zu lassen: so die Erklärung der Eigenwärme durch chemische Vorgänge, die der Saftbewegung durch Diosmose; auch auf dem Gebiet der Chemie, wo noch 1827 Berzelius die organischen Stoffe als die unter dem Einfluß der Lebenskraft gebildeten von den unorganischen unterschieden hatte, brach sich schon im Lauf der dreißiger Jahre die Ansicht Bahn, daß ein derartiges Eingreifen der Lebenskraft zurückzuweisen sei, da es wiederholt gelang, organische Verbindungen auf künstlichem Wege aus unorganischem Material, also ohne die Hilfe der Lebenskraft zu erzeugen. Ueberhaupt lag es in der nunmehr zur Geltung kommenden, gegen die frühere Naturphilosophie sich kehrenden Richtung, die mit dem Begriff der Lebenskraft verknüpfte Unklarheit abzuweisen und dem Gedanken Geltung zu verschaffen, daß die chemischen und physikalischen Gesetze außerhalb wie innerhalb der Organismen in gleicher Weise giltig sind und von den hervorragenderen Vertretern

der Naturwissenschaft wurde dieser Gedanke seit 1840 wie ein Axiom, wenn auch nicht immer ausgesprochen, so doch bei jedem Erklärungsversuch physiologischer Erscheinungen zu Grunde gelegt.

Von dieser Seite her also war der geistigen Bewegung schon vor dem Jahre 1840 eine freiere Bahn geöffnet, und wie auf dem Gebiet der Morphologie und Phytotomie um diese Zeit die streng inductive Forschung, vor Allem die Feststellung der Thatsachen und eine strengere Handhabung der Logik gefordert wurde, so geschah dasselbe auch auf dem Gebiet der Ernährungslehre. Hier handelte es sich aber zunächst weniger darum, neue Thatsachen zu entdecken, als vielmehr das bereits Bekannte, das, was Ingen-Houß, Senebier und Saussure geleistet, richtig zu würdigen und es von all den Verirrungen der letzten Jahrzehnte zu befreien. Die Hauptvertreter der Pflanzenphysiologie, De Candolle, Treviranus, Meyen u. A. hatten sich die Aufgabe erschwert, indem sie die einzelnen Fragen der Ernährungsphysiologie, zumal die chemischen von den mechanischen nicht streng genug sonderten; über einem ganz überflüssigen Wust von Nebendingen war die nächstliegende Frage: aus was für Stoffen denn überhaupt die Nahrung der Pflanzen bestehe, mehr nebensächlich behandelt worden, und durch die von den Chemikern und Landwirthen ausgebildete Humustheorie, die sich bei Treviranus u. A. so leicht in die Lehre von der Lebenskraft einreihen ließ, wurde die Sache vollends verdorben. Es war Liebig's großes Verdienst, diese Unklarheiten und all den überflüssigen Ballast, der sich an die Frage nach den Nährstoffen der Pflanze nach und nach angehängt hatte, zu beseitigen und die hier in Betracht kommenden Fragepuncte vollkommen klar zu legen; war dieß einmal geschehen, so verstand sich ihre Beantwortung fast von selbst, denn die vorliegenden Erfahrungen lieferten dazu genügendes empirisches Material. Manche sich hierbei ergebenden tiefer in das Einzelne eindringenden Fragen erforderten dagegen neue, ausgedehnte experimentelle Untersuchungen, welche im Lauf der vierziger und fünfziger Jahre an Boussingault ihren fruchtbarsten und befähigtsten Bearbeiter fanden.

Bevor wir jedoch auf eine nähere Betrachtung der Leistungen Liebig's und Boussingault's eingehen, mag zur Charakteristik der Schwenkung, welche die Ansichten in den Jahren vor und nach 1840 erfuhren, noch einer anderen Literatur-Erscheinung gedacht werden. Ein ungenannter „Freund der Wissenschaft" hatte 1838 der Göttinger Akademie einen Preis für die Beantwortung der Frage zur Verfügung gestellt: „ob die sogenannten unorganischen Elemente, welche in der Asche der Pflanzen gefunden werden, auch dann in den Pflanzen sich finden, wenn sie denselben von außen nicht dargeboten werden; und ob jene Elemente so wesentliche Bestandtheile des vegetabilischen Organismus sind, daß dieser sie zu seiner völligen Ausbildung durchaus bedarf." Der erste Satz dieser Frage erscheint uns jetzt geradezu unsinnig, insofern er die Möglichkeit zuläßt, daß Elementarstoffe überhaupt entstehen, und daß speciell gewisse Elemente in den Pflanzen entstehen sollen, eine Annahme, die noch ganz in den Gedankenkreis der Naturphilosophie und Lebenskraft gehört. Es war den Verfassern der gekrönten Preisschrift: Wiegman und Polstorff (1842), zwei Männern der neueren Richtung, nicht schwer, diesen ersten Theil der Frage zu verneinen, um so mehr, als die Beantwortung des zweiten Theiles diese Verneinung bereits in sich schloß. Die zum Zweck der letzteren von Wiegman und Polstorff angestellten Untersuchungen waren in durchaus verständiger Weise eingeleitet, wenn sie auch immerhin noch von der Annahme ausgingen, daß ein gewisses Quantum humussaurer Verbindungen in den Nahrungsgemenge nicht fehlen dürfe. Ihre viel zweckmäßiger, als alle früheren, durchgeführten Vegetationsversuche, zeigten schlagend, daß die Aufnahme der Aschenbestandtheile zur normalen Ernährung der Pflanzen nothwendig ist und zugleich ließen es sich die Verfasser angelegen sein, eine Reihe anderer Ernährungsfragen in den Kreis ihrer Betrachtung zu ziehen, wobei sich jedoch bereits der Einfluß von Liebig's unterdessen erschienenem Buch geltend machte.

Es war dieß die 1840 zuerst erschienene, später noch vielfach neu aufgelegte und erweiterte Schrift: „Die organische

Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie." Schon der Name des Autors, des hervorragendsten Chemikers Deutschlands, ließ erwarten, daß hier die Ernährungsfragen in einer ganz anderen Form, als bisher würden behandelt werden und diese Erwartung wurde nicht nur nicht getäuscht, sondern noch weit übertroffen durch die Neuheit und Kühnheit, mit welcher Liebig die wichtigsten Puncte der Ernährungstheorie beleuchtete, das principiell Wichtige herausgriff und unbekümmert um alles Herkommen das Nebensächliche und Unbedeutende, was die Frage bisher nur verwirrt hatte, ganz außer Acht ließ. Dazu kam, daß sich Liebig gerade in den wichtigsten Puncten auf längst bekannte Thatsachen stützen konnte und daß er dieselben nur mit dem Licht seines chemischen Wissens zu beleuchten brauchte, um an die Stelle des bisherigen Dunkels, plötzlich Klarheit treten zu lassen. Seiner Hauptabsicht entsprechend, die organische Chemie und Pflanzenphysiologie der Agricultur dienstbar zu machen, richtete Liebig die Schärfe seiner Kritik zunächst gegen die bisher von den Chemikern und Landwirthen ausgebildete, von verschiedenen Pflanzenphysiologen unbedachtsam angenommene Humustheorie; sie mußte vor Allem beseitigt sein, wenn die Frage beantwortet werden sollte, aus welchen Stoffen die Nahrungssubstanz der Pflanzen besteht; denn die Humustheorie war nicht nur unrichtig, sondern viel schlimmer als das, sie war das Produkt einer Gedankenlosigkeit, welche die ganz offen daliegenden Thatsachen übersah; Liebig zeigte, daß der sogenannte Humus durch die Vegetation nicht nur nicht vermindert, sondern beständig vermehrt wird, daß der vorhandene zur Ernährung einer kräftigen Vegetation auf die Dauer gar nicht hinreichen würde und daß er von Pflanzen überhaupt nicht aufgenommen wird. War dieß einmal festgestellt, und Liebig's Berechnungen ließen darüber keinen Zweifel, so blieb eben nur eine einzige Quelle des Kohlenstoffs der Pflanze übrig: die atmosphärische Kohlensäure, von welcher eine sehr einfache, auf die eudiometrischen Ergebnisse gestützte Rechnung darthat, daß ihre Quantität auf undenkliche Zeiten hinaus für die Vegetation der gesammten Erde ausreicht.

Freilich ging Liebig in seinem Eifer viel zu weit, wenn er in der ächten Athmung der Pflanzen, weil dieselbe mit Kohlensäure-Aushauchung verbunden ist, etwas Widersinniges fand und die Thatsächlichkeit derselben einfach bestritt. Dagegen fand erst jetzt die von Saussure festgestellte Thatsache, daß mit dem Kohlenstoff zugleich die Elemente des Wassers assimilirt werden, ihre klare theoretische Beleuchtung. Besser als Saussure verstand es Liebig, die ganze Bedeutung dieser Thatsache für die Ernährungstheorie zu verwerthen. Doch waren es nicht diese gewichtigen Erwägungen, welche von den Anhängern und Gegnern Liebig's in erster Linie beachtet wurden; die praktische Tendenz seines Buches brachte es vielmehr mit sich, daß sich die Diskussion, welche dasselbe zumal bei Chemikern und Landwirthen hervorrief, vorwiegend um die Frage nach der Herkunft des Stickstoffs der Pflanzensubstanz drehte. Wie den Kohlenstoff, so ließ die bisherige Humustheorie auch den Stickstoff in Form organischer Verbindungen in die Pflanzen eintreten. Saussure hatte zwar in seinem grundlegenden Werk 1804, wie wir sahen, das Ammoniak als eine Stickstoffverbindung genannt, welche mit in Betracht gezogen werden könne, ohne jedoch zu einer bestimmteren Entscheidung zu gelangen. Von ganz anderen Gesichtspuncten ausgehend, gestützt auf seine eigenen Untersuchungen über die Natur des Stickstoffs und seiner Verbindungen, kam dagegen Liebig zu dem Resultat, daß das Ammoniak in letzter Instanz die einzige Quelle des Stickstoffs der Pflanzensubstanz sein müsse und daß das Ammoniak in der Atmosphäre und im Boden vollkommen hinreiche, um die Vegetation mit genügenden Stickstoffmengen zu versehen, gerade so, wie die atmosphärische Kohlensäure zuletzt die einzige Quelle alles Kohlenstoffs der Pflanzen ist; und so kam Liebig zu dem Schluß: „Kohlensäure, Ammoniak und Wasser enthalten in ihren Elementen die Bedingungen zur Erzeugung aller Thier- und Pflanzenstoffe während ihres Lebens. Kohlensäure, Ammoniak und Wasser sind die letzten Produkte des chemischen Processes ihrer Fäulniß und Verwesung."

Weniger glücklich, unseres Bedünkens, war wenigstens in der

Form der Darstellung, was Liebig über die Nothwendigkeit und specifische Bedeutung der Aschenbestandtheile für die Ernährung der Pflanze sagt. Statt den Nachdruck auf die experimentelle Beantwortung der Frage zu legen: welche Bestandtheile der Asche sind für das Gedeihen einer oder aller Pflanzen absolut unentbehrlich, verlor sich Liebig hier in geistreiche chemische Theorieen, welche über die Bedeutung der unorganischen Basen für die Bindung der Pflanzensäuren Auskunft geben sollten, über die gegenseitige Ersetzbarkeit verschiedener Basen u.s.w.

Es ist für unsern Zweck nicht nöthig, den Anwendungen zu folgen, welche Liebig von seinen theoretischen Betrachtungen auf die Agricultur machte und noch viel weniger brauchen wir uns hier mit dem ungeheuren Aufsehen und den Diskussionen zu befassen, welche Liebig's Werk unter praktischen und theoretischen Landwirthen und Agriculturchemikern hervorrief. Reiner und bestimmter, als auf diesen Gebieten trat der wissenschaftliche Gewinn von Liebig's Betrachtungen über die Ernährung der Pflanzen bei den Pflanzenphysiologen hervor; für diese kamen ganz vorwiegend die oben hervorgehobenen Puncte in Betracht. Zwar rief Liebig's Werk auch hier lebhaften Widerspruch hervor und gerade die beiden Hauptvertreter der Pflanzenphysiologie im Anfang der vierziger Jahre, Schleiden und Mohl, traten mit schonungsloser Kritik gegen ihn auf, die zum Theil jedenfalls durch die eigenthümliche Beweisführung Liebig's, durch die den Botanikern ganz ungewohnte deduktive Behandlung physiologischer Fragen hervorgerufen war; außerdem aber hielten es beide für ihre Pflicht, den ehrenrührigen Auslassungen Liebig's gegen die Pflanzenphysiologen entgegenzutreten. Diesen letzteren und den Botanikern hatte er nämlich die Verantwortung für den ganzen Nonsens der Humustheorie und ihrer Dependenzen aufgebürdet, und mit Recht fragte Mohl, ob etwa Saussure, Davy, Carl Sprengel, Berzelius, Mulder, welche die Humustheorie begründet hatten, Botaniker seien. Ganz überflüssig aber war, daß Mohl, Schleiden u. A. sich durch Liebig's Vorwurf getroffen fühlten, insofern es sich um Pflan-

zenphysiologen von Fach handelte; sie waren das ebensowenig wie Davy, Berzelius oder Mulder. Pflanzenphysiologen von Fach, officielle öffentliche Vertreter der Pflanzenphysiologie gab es ja überhaupt nicht und damals wie jetzt wurde eben Jeder, der sich gelegentlich mit pflanzenphysiologischen Fragen beschäftigte, als Pflanzenphysiolog bezeichnet. Die Polemik lief in dieser Beziehung also auf einen Wortstreit hinaus, während Liebig, Mohl und Schleiden sich die schöne Gelegenheit entgehen ließen, dem Gedanken öffentlich Geltung zu verschaffen, daß es hohe Zeit sei, für eine so wichtige Disciplin endlich öffentliche officielle Vertreter anzustellen, die sich ihr ganz ausschließlich widmen konnten; wie sollte man von den Professoren der Botanik, von denen Regierung und Publikum die Förderung und Ueberlieferung der Systematik, nunmehr auch die der Phytotomie, zudem die der Pharmacognosie erwarteten, und denen die Verwaltung botanischer Gärten einen guten Theil ihrer Zeit raubte, eine energische Förderung der Pflanzenphysiologie erwarten, die ihrerseits ausgedehnte physikalische und chemische Studien verlangt, und wo waren denn die Laboratorien und die Instrumente zum fachmäßigen Betrieb der Pflanzenphysiologie? Dieß Alles wurde nicht angeregt und so blieb es denn einstweilen bei altem Herkommen.

In der Sache selbst bezog sich übrigens die von Mohl, Schleiden, verschiedenen Agriculturchemikern u. dgl. gegen Liebig erhobene Polemik mehr auf Nebendinge, zu denen auch das gerechnet werden konnte, daß Liebig von den anatomischen Verhältnissen der Pflanze so gut wie Nichts verstand. Denn Hauptsache war, daß er die schiefen Ansichten über die wahre Natur der Pflanzennahrung zurecht gerichtet, grobe Irrthümer abgewiesen, das principiell Wichtige vom Unbedeutenden gesondert hatte. Daß ihm dieß vollkommen gelungen war, zeigt die gesammte Literatur über die Pflanzenernährung nach 1840; auch die erwähnten Streitschriften standen in der Hauptsache auf dem von Liebig geklärten Boden. Auf einmal wußten jetzt Alle, welche Bedeutung die Kohlensäurezersetzung in grünen Pflanzen-

theilen habe, daß die Aschenbestandtheile für die Vegetation nicht bloß ein Gewürz sind u. dergl. m.; für Alle war in diesen Dingen ein fester Boden gewonnen, eine Anzahl von wissenschaftlichen Sätzen zum dauernden Gemeingut geworden; das schloß freilich nicht aus, daß es nunmehr für die Andern ein Verdienst war, die übrigen von Liebig aufgestellten Theorieen zu prüfen, z. B. seinen großen Mißgriff Betreffs der Athmung der Pflanzen zu corrigiren, was Mohl mit Nachdruck that.

Es ist bei den hier verfolgten Aufgaben weder möglich noch thunlich, auf alle die Einzelheiten einzugehen, welche in Folge der von Liebig gegebenen Anregungen nunmehr bis in die sechziger Jahre hinein diskutirt wurden, zumal alles das, was über die ersten Assimilationsprodukte in den Pflanzen und ihre etwaigen weiteren Metamorphosen durch den Stoffwechsel zur Sprache kam: ob die basischen Mineralbestandtheile nur wesentlich zur Bindung von Pflanzensäuren dienen, ob diese letzteren die ersten Produkte der Assimilation sind, oder ob diese sofort Kohlenhydrate erzeugt u. s. w. mehr bloße Vermuthung, Deduktion und Combination blieb, die sich auf sichere Beobachtungen und geeignete Methoden nicht stützte; erst nach 1860 wurden in dieser Richtung neue Wege eingeschlagen und Resultate von Belang erzielt. Viel wichtiger war in jener Zeit für den Fortschritt der Wissenschaft die weitere Bearbeitung der Frage nach der Herkunft des in den Pflanzen assimilirten Stickstoffs; eine definitive Entscheidung hierüber war um so nöthiger, als Liebig's Deduktionen noch manchen Zweifeln Raum gaben und gerade der berühmteste Vertreter der Pflanzenphysiologie, Theodor de Saussure, in seinen alten Tagen den Fehler beging, sich zum Vertheidiger der Humustheorie Liebig gegenüber aufzuwerfen und die Behauptung aufzustellen (1842), daß das Ammoniak oder salpetersaure Salze nicht selbst Nahrungsmittel der Pflanze sind, sondern nur zur Auflösung des Humus dienen. Auch Andere konnten sich schwer von der alten, liebgewordenen Humuslehre ganz lossagen; wenn man sich auch, wie Mohl, der Wahrnehmung nicht verschloß, daß der Kohlenstoff der Pflanzen der Hauptsache nach aus der

Atmosphäre allein stammt, so glaubte man doch dem Humus schon wegen seines Stickstoffgehaltes eine die Vegetation wesentlich begünstigende Rolle zuschreiben zu müssen. Unter solchen Umständen war es höchst verdienstlich, daß **Boussingault**, der sich schon vor dem Erscheinen von Liebig's Buch mit experimentellen und analytischen Untersuchungen über die Keimung und Vegetation, speciell auch mit solchen über die Herkunft des Stickstoffs in den Pflanzen beschäftigt hatte, diese Frage aufnahm. Seine 1837 und 1838 hierüber ausgeführten Vegetationsversuche waren ohne ganz durchschlagendes Resultat geblieben; **Boussingault** aber setzte seine Vegetationsversuche Jahre lang fort und bildete von Jahr zu Jahr die Untersuchungsmethoden weiter aus. Durch seine zwischen 1851 und 1855 angestellten zahlreichen Experimente wurde endlich mit aller Sicherheit das Ergebniß festgestellt, daß die Pflanzen nicht im Stande sind, den freien Stickstoff der Athmosphäre zu assimiliren, daß man dagegen eine normale und kräftige Vegetation erzielt, wenn ihnen der Stickstoff in Form von salpetersauren Salzen dargeboten wird. Diese Vegetationsversuche Boussingault's lehrten zugleich, daß es möglich ist, in einem Boden, dem durch Ausglühen jede Spur organischer Substanz entzogen worden ist, dem man aber außer den Aschenbestandtheilen ein salpetersaures Salz zusetzt, eine normale Ernährung der Pflanzen zu erzielen; wodurch zugleich bewiesen war, daß der gesammte Kohlenstoffgehalt solcher Pflanzen ausschließlich aus der atmosphärischen Kohlensäure stammt, und daß die Mitwirkung des Humus dabei ganz überflüssig ist, daß also die günstige Wirkung eines humusreichen Bodens auf die Vegetation ganz andere Ursachen haben müsse, als die von der Humustheorie früher angenommenen. Es ist unmöglich, Boussingault's weitere Verdienste um die Ernährungstheorie der Pflanzen hier zur Sprache zu bringen, da sie sich zum Theil auf Spezialitäten beziehen, die besten und wichtigsten derselben aber erst nach 1860 publicirt worden sind, und deßhalb nicht mehr in den Rahmen unserer Geschichte gehören. Das aber ist hervorzuheben, daß Boussingault als der Be-

gründer der neueren Methoden. Ernährungsversuche anzustellen, genannt werden muß. Wie kläglich die Art und Weise war, in welcher man nach Saussure bis in die dreißiger Jahre hinein Vegetationsversuche im Interesse der Ernährungstheorie anzustellen pflegte, darüber hatte sich bereits Liebig drastisch genug ausgesprochen, ohne jedoch selbst bessere Methoden einzuführen; dies aber that Boussingault; um nur Eins z. B. hervorzuheben, hatten sich diejenigen, welche die Humusfrage experimentell entscheiden wollten, wie z. B. Hartig im Einverständniß mit Liebig u. A. gewöhnlich damit befaßt, den Pflanzen humussaure Verbindungen darzubieten und zu sehen, was nun daraus entstehen würde. Boussingault machte es hier wie Columbus mit dem Ei: er zwang einfach die Pflanzen ohne jede Spur von Humus in einem künstlich bereiteten Boden und Nährstoffgemenge sich zu ernähren, um so unwiderleglich zu zeigen, daß sie des Humus nicht bedürfen.

In ähnlicher Weise wie Boussingault experimentirte auch in Deutschland der Fürst Salm-Horstmar, der sich vorwiegend mit der Frage beschäftigte, welche Bedeutung die einzelnen Säuren und Basen der Asche für die Ernährung der Pflanzen haben, ob einzelne derselben entbehrlich sind und welche die Pflanze nothwendig aufnehmen muß; Fragen die indessen erst im Lauf der sechziger Jahre ihrer Erledigung entgegengeführt wurden und zum Theil noch jetzt nicht entschieden sind.

Die Feststellung der Thatsache, daß chlorophyllhaltige Pflanzen die Gesammtmasse ihres Kohlenstoffs aus der atmosphärischen Kohlensäure beziehen, und daß diese auch für die nicht chlorophyllhaltigen Pflanzen und Thiere die ursprüngliche Quelle des Kohlenstoffs ist, daß ferner der in den Pflanzen assimilirte Stickstoff in Form von Ammoniak- oder salpetersauren Salzen aufgenommen wird und daß die Alkalien, alkalischen Erden in Form von schwefelsauren und phosphorsauren Salzen zur Ernährung der Pflanzen unerläßlich sind, halte ich für die Hauptergebnisse aller Bestrebungen auf dem Gebiet der Ernährungslehre in dem Zeitraum von 1840—1860, ohne damit behaupten zu wollen,

daß nicht schon Vieles angebahnt wurde, was erst nachher in den Vordergrund der Forschung trat.

Kaum nennenswerth sind dagegen die geringen Fortschritte, welche die Theorie der Saftbewegung der Pflanzen seit Dutrochet bis tief in die fünfziger Jahre hinein gemacht hat; doch war es ein Fortschritt, daß man die Endosmosenlehre nach und nach in ihrer physiologischen Bedeutung immer mehr schätzen lernte und daß die tiefere Begründung und die genauere Kenntniß der osmotischen Vorgänge nach und nach eine mehr in's Einzelne gehende Erklärung der Stoffbewegung ermöglichte, wenn auch noch keineswegs ein genügender Abschluß erzielt wurde; als eine Entdeckung von großem Belang ist hier aber vor Allem auf die 1857 von Hofmeister constatirte Thatsache hinzuweisen, daß dieselbe Erscheinung, welche man seit Jahrhunderten an der Weinrebe und an einigen Bäumen, später auch an den Agaven und an manchen Schlingpflanzen der Tropen unter dem Namen des Thränens oder Blutens kannte, und welche man auf gewisse Vegetationsperioden beschränkt glaubte, nicht nur allen mit ächten Holzzellen versehenen Gewächsen zukommt, sondern an diesen auch durch geeignete Mittel zu jeder Zeit hervorgerufen werden kann. Diese Verallgemeinerung war für die weitere Erforschung des Thränens selbst von großer Bedeutung.

Am schlimmsten sah es auch in dieser Periode noch mit der Lehre vom absteigenden Saft aus; auch jetzt noch berief man sich in dieser Beziehung immer wieder auf Experimente von derselben Art, wie bereits Malpighi, Du Hamel und Cotta sie angestestellt hatten, Experimente, die im Grunde gar Nichts anderes bewiesen, als daß bei dikotylen Holzpflanzen überhaupt eine von den Blättern bereitete Nahrung durch die Rinde abwärts geführt wird. War jedoch einmal erkannt, daß alle organische Substanz ursprünglich in den Blättern entsteht, woran seit 1840 Niemand zweifeln konnte, so verstand es sich auch ohne solche Experimente von selbst, daß die zum Wachsthum der Wurzeln, wie der Knospen und Früchte

nöthigen Bildungsstoffe aus den Blättern dorthin geleitet werden müssen. Die Frage konnte gar nicht mehr sein, ob überhaupt eine derartige Bewegung assimilirter Stoffe stattfinde, vielmehr trat jetzt die neue Frage heran, welche Gewebeformen diese Fortleitung vermitteln und von welcher Natur die in den Blättern erzeugten und in den übrigen Organen fortgeleiteten Substanzen sind. Beide Fragen ließen sich der Organisation der Pflanze entsprechend wesentlich nur auf mikrochemischem Wege entscheiden, ein Weg, der jedoch erst seit 1857 betreten und dann weiter ausgebildet wurde. Ueber die chemischen Verbindungen, welche durch die Assimilation in den Blättern zuerst erzeugt werden, wußte man, wie schon erwähnt, auch in den vierziger und fünfziger Jahren nichts Gewisses; De Candolle hatte, wie wir sahen eine gummiartige Substanz als primären Bildungssaft daselbst entstehen lassen, aus welchem sich nun in den verschiedenen Gewebeformen die verschiedensten anderen Pflanzenstoffe abscheiden sollten. Theodor Hartig der sich in den fünfziger Jahren durch seine Untersuchungen über die Stärke im Holz der Bäume, das Klebermehl in den Samen, durch die Entdeckung der Siebröhren, durch Beobachtung des Wassergehaltes der Hölzer in verschiedenen Jahreszeiten und durch verschiedene andere Beiträge verdient gemacht hatte, beschäftigte sich auch mit der Theorie des absteigenden Saftes, den er sich als einen formlosen Urschleim dachte, aus welchem ähnlich, wie aus De Candolle's Gummi, unterwegs die verschiedensten anderen Pflanzenstoffe sich absetzen. „In den Blättern, sagt Hartig bot. Zeitung 1858 p. 341, wird der rohe Nahrungssaft zu primitivem Bildungssaft umgewandelt," und ferner „die Bildung der festen Reservestoffe (aus jenem) kann nicht ohne Abscheidung bedeutender Mengen wässriger Flüssigkeit geschehen." Die gelegentlichen Bemerkungen der verschiedensten Pflanzenphysiologen in den vierziger und fünfziger Jahren beweisen, daß ähnliche Vorstellungen von der Bildung eines derartigen Urschleims in den Blättern allgemein verbreitet waren.

Drittes Capitel.

Geschichte der Phytodynamik.[1]

Es ist gegenwärtig kaum zweifelhaft, daß die Mechanik des Wachsthums, die der geotropischen und heliotropischen Krümmungen, der verschiedenen Arten periodischer Bewegungen, des Schlingens der Ranken und Schlingpflanzen, sowie der Reizbewegungen auf ein gemeinsames Princip sich wird zurückführen lassen, und daß bei allen diesen Bewegungen außer der Elasticität der Zellwände die noch unbekannten Eigenschaften des Protoplasmas die wichtigste Rolle spielen; und insofern das Letztere der Fall ist, werden auch die sogenannten Protoplasmaströmungen und das Schwimmen der Schwärmsporen und ähnliche Vorgänge jenen phytodynamischen Erscheinungen anzureihen sein. Unter diesem Gesichtspunct erscheint die Phytodynamik als eine der wichtigsten Grundlagen der gesammten Pflanzenphysiologie. Die Erkenntniß dieses Sachverhaltes ist jedoch neuesten Datums und es hieße der Vergangenheit etwas ihr ganz Fremdes andichten, wenn man annehmen wollte, daß den früheren Pflanzenphysiologen eine derartige Auffassung der Bewegungen im Pflanzenreich vorgeschwebt habe. Vielmehr wurden diese in früheren Jahrhunderten kaum als Curiositäten beachtet und einiges Nachdenken begann man ihnen erst am Ende des 17. Jahrhunderts

[1] Zur Vermeidung des weitschweifigen Ausdruckes: „Lehre von den Bewegungen im Pflanzenreich“ sei es erlaubt, den kürzeren: Phytodynamik zu benutzen.

zu widmen und nur sehr langsam gelang es später, die zum Theil sehr verwickelten, hier in Betracht kommenden Verhältnisse zu entwirren, die Abhängigkeit der phytodynamischen Erscheinungen von äußeren Einflüssen zu bestimmen und die mechanischen Bedingungen ihres Geschehens einigermaßen klar zu legen.

Einzelne Bewegungen von Pflanzentheilen zogen schon in alter Zeit die Aufmerksamkeit verschiedener Schriftsteller auf sich, die ihrer jedoch nur flüchtig erwähnen; so rührt die erste Nachricht über die heliotropischen Bewegungen mancher Blüthenstiele schon von Varro her, nach welchem man damals solche Blumen als heliotropische bezeichnete und im folgenden Jahrhundert erwähnte Plinius, daß bei herannahendem Unwetter die Blätter des Klees sich schließen; Albertus Magnus im 13., Valerius Cordus und Garcias del Huerto im 16. Jahrhundert hielten zuerst die täglichen periodischen Bewegungen der Fiederblättchen einiger Leguminosen der Erwähnung werth; Caesalpin aber beachtete auch schon die Bewegungen der Ranken und Schlingpflanzen und wunderte sich darüber, daß die letzteren ihre Stützen gewissermaßen aufsuchen. Mehr als diese alltäglichen Erscheinungen mußte die auffallende Reizbarkeit der Blätter der aus Amerika eingeführten Mimosa pudica die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, und so finden wir schon in Robert Hooke's Mikrographie 1667 eine Abhandlung über die Ursachen derselben. Aber auch die Reizbarkeit der Staubgefäße von Centaurea wurde schon 1653 von Borelli erwähnt.

1) Die ersten theoretischen Bestrebungen treten uns auch auf diesem Gebiet am Ende des 17. Jahrhunderts entgegen. Eine zusammenfassende Darstellung phytodynamischer Erscheinungen gab Ray in seiner Historia plantarum 1693 und zwar sogleich im Beginn seiner allgemeinen Betrachtungen über das Wesen der Pflanze, die er an den Satz des Jungius: Planta est corpus vivens, non sentiens etc. anknüpft. Obgleich er noch ähnlich, wie Caesalpin, an eine aristotelische Pflanzenseele zu glauben scheint, geht seine Behandlung doch wesentlich darauf aus, die Bewegungen, über welche er berichtet, mechanisch-physikalisch zu

erklären; namentlich sucht er darzuthun, daß die Reizbarkeit der Mimose nicht auf Empfindung, sondern auf bekannten physikalischen Ursachen beruhe. Er betrachtet die Reizbewegungen in Folge einer Berührung als durch eine Zusammenziehung verursacht, die ihrerseits durch Welken oder Erschlaffung hervorgebracht werde. Von dem mechanischen Vorgang der Reizbewegung selbst sucht er nach Maßgabe der damals vorhandenen Kenntnisse Rechenschaft zu geben: die Blätter, sagt er, bleiben überhaupt nur deßhalb straff, weil ihr Verdunstungsverlust vom Stamme her immer durch zufließendes Wasser ersetzt wird; wenn nun in Folge einer Berührung die Saftwege der Mimosenblätter zusammengedrückt werden, so reiche der Zufluß nicht mehr hin, sie vor Erschlaffung zu schützen. Wie es auch bis auf die neue Zeit geschehen ist, verwechselte Ray dabei die Reizbewegungen mit den täglichen periodischen, deren Vorkommen er nicht nur bei den Blättern der Leguminosen, sondern bei fast allen ähnlich gefiederten Blättern angiebt; mit diesen periodischen Blattbewegungen stellt er aber auch das periodische Oeffnen und Schließen der Blüthen von Calendula, Cichorium, Convolvulus u. a. in eine Reihe. Daß diese letzteren aber durch Temperaturveränderungen hervorgerufen werden, schien ihm durch ein Experiment des Jacob Cornutus mit Anemonen-Blüthen bewiesen, welche abgeschnitten und an einem warmen Ort in einem wohlverschlossenen Kasten sich zu ungewohnter Zeit öffneten, wenn auch nur der Blüthenstiel in warmes Wasser tauchte. Diese ganz richtige, später verloren gegangene und erst vor wenigen Jahren neu entdeckte Abhängigkeit der Blüthenbewegungen von Temperaturveränderungen übertrug nun Ray auch auf die periodischen Bewegungen der Laubblätter, welche wie er sich ausdrückt, bei hereinbrechender Nachtkälte sich zusammenlegen, um sich am Tage wieder zu entfalten und da er diese mit den Reizbewegungen der Mimose für gleichartig hielt, so glaubte er auch erklären zu müssen, in welcher Weise Abkühlung einen ähnlichen Reiz bewirken könne, wie bloße Berührung. Es lag bei dem damaligen Stand der Naturwissenschaft überhaupt sehr nahe,

Wärmeänderungen als erste Ursache verschiedener Bewegungen anzunehmen, da man eben von Bewegungsursachen, außer dem Stoß, andere kaum kannte. So erklärte denn Ray auch die jetzt als heliotropische bezeichneten Bewegungen wachsender Stengel durch eine Temperaturdifferenz auf den entgegengesetzten Seiten derselben. Eine gewisser Dr. Sharroc hatte die Stengel seiner Versuchspflanzen nach derjenigen Stelle eines Fensters hinwachsen sehen, wo die Luft durch eine Oeffnung freien Zutritt fand; hieraus und aus der starken Verlängerung von Pflanzen in geschlossenen Räumen, die er der höheren Temperatur zuschrieb, zog er den Schluß, daß die kältere Luft die von ihr getroffene Seite eines Stengels am raschen Wachsthum hindert, und daß somit eine Concavität auf dieser Seite eintreten müsse. Aehnlich wie De Candolle 140 Jahre später benutzte also schon Ray das Etiolement der Pflanzen in geschlossenen Räumen zur Erklärung ihrer heliotropischen Krümmungen, nur mit dem Unterschied, daß er die rasche Verlängerung vergeilter Pflanzen, nicht wie De Candolle dem Lichtmangel, sondern der höheren Temperatur zuschrieb. Dagegen erkannte Ray klar genug, daß das Ergrünen der Blätter nicht durch den Luftzutritt, sondern durch das Licht bewirkt wird, da, wie er sagt, die Pflanzen unter Glasglocken ergrünen, was unter einem opaken Gefäß nicht geschieht; wenn sie aber unter Glas weniger ergrünen, als in freier Luft, so rühre dieß daher, daß das Glas gewisse Lichtstrahlen absorbirt und andere reflektirt. Indessen hielt Ray ebenso, wie fast alle späteren Beobachter bis auf die neueste Zeit, die Verlängerung und Mißfärbung etiolirter Pflanzen nicht hinreichend auseinander; seine Darstellung dieser Erscheinung leidet daher an manchen Unklarheiten.

Es ist schon von Anderen darauf hingewiesen worden, daß eine der merkwürdigsten hieher gehörigen Erscheinungen gerade deßhalb gewöhnlich gar nicht beachtet wird, weil sie durch ihre Alltäglichkeit als etwas Selbstverständliches nicht weiter auffällt: die Thatsache, daß die Hauptstämme senkrecht aufwärts, die Hauptwurzeln abwärts wachsen. Der französische Akademiker

Dobart, dem wir schon in der Geschichte der Ernährungslehre begegnet sind, erwarb sich das große Verdienst, zuerst 1700 diese anscheinend selbstverständliche Erscheinung sehr merkwürdig zu finden, sich zunächst durch Versuche an Keimpflanzen davon zu überzeugen, daß diese vertikalen Stellungen durch Krümmungen zu Stande kommen und sich zu fragen, was möglicher Weise die physikalische Ursache davon sein könne, daß sich Hauptwurzeln aus abnormer Lage immer nach unten, Hauptstämme nach oben krümmen, bis sie senkrecht stehen. Es war von untergeordneter Bedeutung, daß seine mechanische Erklärung ganz ungenügend ausfiel, indem er annahm, daß die Fasern der Wurzeln sich auf der feuchteren Seite zusammenziehen, die des Stammes auf derselben ausdehnen; denn viel wichtiger war, daß diese merkwürdigen Erscheinungen überhaupt zum Gegenstand wissenschaftlicher Forschung gemacht wurden und die Literatur zeigt, daß bald darauf verschiedene Naturforscher ihr Interesse derselben zuwandten und ihren Scharfsinn an Erklärungsversuchen übten, worauf wir noch zurückkommen.

Eine noch allgemeinere Erscheinung als der vertikale Wuchs der Hauptstämme und Wurzeln ist aber das Wachsthum der Pflanzen überhaupt und sicherlich gehörte ebensoviel, ja noch größerer Forschungsgeist dazu, sich die Frage vorzulegen, ob und wie das Wachsen der Pflanzen mechanisch erklärt werden könne. Mariotte hatte schon 1679, wenn auch nur gelegentlich, diese Frage berührt und die Ausdehnung des Markes, das hieß damals des parenchymatischen Gewebes, als die Ursache des Wachsthums der Pflanzentheile in Anspruch genommen; ein Gedanke, der wohl aus der aristotelischen Lehre vom Sitz der Pflanzenseele im Mark entsprungen sein mochte, den aber Mariotte physikalisch zu begründen suchte. Viel eingehender beschäftigte sich Hales in seinen Statical essays 1727 mit Betrachtungen über das Wachsthum der Pflanzen. An den schon in der Ernährungslehre vorgeführten Gedankengang anknüpfend, leitet Hales seine Betrachtungen über das Wachsthum mit der Bemerkung ein, daß die Pflanzen aus Schwefel, flüchtigen Salzen

Erde, Wasser und Luft zusammengesetzt sind, von denen die ersten vier einander anziehen und deßhalb den festen, trägen Theil der Pflanzensubstanz bilden; dasselbe thue jedoch die Luft nur solange, als sie durch jene in einem festen Zustand erhalten wird; sobald sie aber frei werde, sei sie expansibel; und auf diese Ausdehnungskraft der Luft, durch welche die Pflanzensäfte belebt und gekräftigt werden, baut er seine mechanische Theorie des Wachsthums; nach ihr werden so die geschmeidigen Theile der Pflanze ausgedehnt und indem sich die Luft mit anderen Bestandtheilen verbindet, also fest wird, werde Wärme und Bewegung erzeugt, wodurch die Safttheilchen nach und nach eine Gestalt annehmen. Das waren die Principien, von denen Hales ausging. Um aber etwas Näheres zu erfahren über die Art, wie das Wachsthum der Pflanzentheile fortschreitet, machte er an jungen Stengeln und Blättern äquidistante Einstiche und es fand sich, daß diese durch das Wachsthum ihre Entfernungen um so mehr vergrößerten, je jünger die zwischen ihnen liegenden Theile waren. Dabei fiel ihm besonders die starke Verlängerung durch das Wachsthum auf, weil wie er sagt, die Gefäße trotz derselben doch hohl bleiben, gerade so, wie ein Glasröhrchen auch bei der stärksten Ausziehung seinen Kanal behält. Er findet nämlich Borelli's Meinung bestätigt, der junge Trieb wachse dadurch, daß die Feuchtigkeit im schwammigen Mark sich ausdehnt; daß hierbei der wachsende Sproß nicht auch in gleichem Grade quer ausgedehnt wird, sich also nicht kugelig abrundet wie ein Apfel, sucht er aus der Struktur des Zellgewebes darzuthun. Daß aber die im Zellgewebe eingeschlossene Luft und der Saft mit hinreichender Kraft eindringe, um eine so große Ausdehnung zu bewirken, findet Hales durch seine Versuche bewiesen, welche über die große Kraft, womit das Wasser in blutenden Weinstöcken emporsteigt und in quellende Erbsen eindringt, Auskunft geben; auch wisse man, daß Wasser mit großer Kraft wirke, wenn es in einer Maschine erhitzt wird, in welcher Wasser durch Hitze in die Höhe getrieben werden kann; der Pflanzensaft, der nichts Anderes sei, als eine Verbindung von Wasser, Luft und

anderen wirksamen Theilen, dringe deßhalb mit sehr großer Kraft in die Röhren und Zellen, wenn er durch die Sonne erwärmt wird.

2) Im Lauf des 18. Jahrhunderts mehrte sich nach und nach die Zahl der phytodynamischen Erscheinungen, denen die Physiologen mehr oder weniger Beachtung schenkten; auch wurden wiederholt Versuche zur mechanischen Erklärung derselben gemacht, die aber meist ganz ungenügend ausfielen, da man die verschiedenartigsten Bewegungen confundirte, ihre Abhängigkeit von äußeren Einflüssen nicht genau erkannte und von dem anatomischen Bau der beweglichen Theile, bei dem gänzlichen Verfall der Phytotomie in jener Zeit, nur höchst unklare Vorstellungen hatte. Die wichtigste Rolle bei den Erklärungen spielte die Feuchtigkeit und Wärme, deren Wirkungsweise jedoch immer nur in ganz allgemeinen Ausdrücken angedeutet wurde; man sprach von den mechanischen Vorgängen in der Pflanze ungefähr so, wie Jemand, der nur ganz unbestimmte Vorstellungen von den Eigenschaften des Dampfes und dem inneren Bau einer Dampfmaschine besitzt, über die Bewegungen derselben reden würde. Es kam der Mehrzahl der Schriftsteller, dem Zeitgeist entsprechend, offenbar mehr darauf an, im Allgemeinen nur zu bekennen, daß sie die Lebenserscheinungen der Pflanzen nicht auf ein unbekanntes Seelenprincip, sondern auf mechanisch-physikalische Ursachen zurückführen wollten, ohne jedoch den Erscheinungen diejenige Anstrengung des Verstandes zu widmen, welche gerade auf diesem Gebiet ganz allein zu theoretischen Ergebnissen führen kann.

Daß Linné, der 1751 die periodischen Bewegungen der Blüthen, 1755 die der Laubblätter zum Gegenstand seiner Betrachtung machte, sich auf eine mechanische Erklärung derselben nicht weiter einließ, lag ganz in seiner Art; er begnügte sich, die Aeußerlichkeiten dieser Erscheinungen an zahlreichen Pflanzenarten zu konstatiren, sie zu classificiren und die periodischen Bewegungen mit einem neuen Namen zu belegen, indem er die nächtlichen Stellungen als Pflanzenschlaf bezeichnete; diesen Ausdruck nahm

er jedoch keineswegs nur sinnbildlich oder metaphorisch, vielmehr sah er in dem Pflanzenschlaf eine, dem thierischen ganz analoge Erscheinung. Daß die Schlafbewegungen nicht willkürliche, sondern durch äußere Einflüsse bewirkte seien, folgte für ihn aus dem Wesen und Begriff der Pflanze, wonach diese zwar lebt und wächst, aber der Empfindung entbehrt. Hervorzuheben ist aber die richtige Wahrnehmung, daß es nicht oder nicht allein Wärme-, sondern Lichtveränderungen sind, welche die Schlafbewegungen der Blätter veranlassen, da dieselben in der gleichmäßigen Temperatur eines Gewächshauses ebenfalls stattfinden.

Im Gegensatz zu der zwar nur formalen, aber doch wohlgeordneten Behandlung, welche Linné diesen Bewegungsformen widmete, steht die gleichzeitige Bearbeitung dieser und anderer Erscheinungen von Seiten Bonnet's. Es läßt sich kaum etwas Formloseres, kaum eine gründlichere Verwirrung des Allerverschiedensten denken, als in den Experimenten und Reflexionen Bonnet's über die verschiedenen Bewegungen der Blätter und Stengel in seinem Werk „über den Nutzen der Blätter" 1754; geotropische und heliotropische Krümmungen, Nutationen und periodische Blattbewegungen, Alles läuft hier durch einander; seine Versuche bieten zwar Jemanden, der schon weiß, worauf es ankommt, im Einzelnen ab und zu etwas Brauchbares, er selbst aber wußte Nichts aus ihnen zu machen. Eine vorgefaßte Meinung verdarb ihm von vornherein das Verständniß dessen, was seine Experimente ihm zeigten; ihm kam es nur darauf an, durch recht viele Beispiele zu beweisen, daß Stengel und Blätter unter allen Umständen sich so krümmen, drehen und wenden, daß die Blattunterseiten abwärts gerichtet werden, um den Thau aufsaugen zu können, der nach Bonnet die Hauptnahrung der Pflanzen ist und aus der Erde emporsteigt. Es ist nur ein geringes Lob, daß sich bei aller Verwirrung doch auch ab und zu einzelne richtige Wahrnehmungen ihm aufdrängten, wie die, daß vorwiegend die jungen und dehnbaren Organe, wenn sie aus ihrer natürlichen Lage gebracht worden sind, durch Krümmungen und Drehungen dieselbe wieder zu gewinnen suchen. Ganz ge-

dankenlos ist dagegen, was er aus seinen Versuchen über die mechanischen Ursachen derartiger Bewegungen folgerte; denn bei nur einigermaßen kritischer Behandlung hätte er zu ganz anderen Folgerungen gelangen müssen: die Wärme und Feuchtigkeit, sagt er nämlich, scheinen also die natürlichen Ursachen der Bewegung zu sein, die Wärme aber wirke stärker als die Feuchtigkeit und die Wärme der Sonne sei wirksamer, als die der Luft. Diese Erklärung traf nun gerade für die hauptsächlich von ihm beobachteten geotropischen und heliotropischen Krümmungen nicht zu. Nur in Einem Punct traf er schließlich das Richtige, daß nämlich die starke Verlängerung der Stengel, das Kleinbleiben der Blätter und ihre mangelhafte Färbung bei Pflanzen, welche in geschlossenen Räumen wachsen, durch partiellen oder gänzlichen Lichtmangel hervorgerufen wird, was übrigens bezüglich der Färbung schon Ray bewiesen hatte.

Obgleich Du Hamel die kritik- und planlosen Untersuchungen Bonnet's, wie es auch später gewöhnlich geschah, mit großem Respekt behandelte, war doch seine eigene übersichtliche Darstellung verschiedener Pflanzenbewegungen viel besser. Im 6. Capitel des vierten Buches seiner Physique des arbres 1758, behandelte er unter dem Titel: Ueber die Richtung der Stengel und Wurzeln und über die Nutation der Pflanzentheile, die ihm bekannten phytodynamischen Erscheinungen. Unter der Rubrik: Aufrechte oder schiefe Richtung der Stengel und Wurzeln bespricht er die geotropischen, heliotropischen und einige andere Krümmungen; dann folgt ein Capitel über das Etiolement und unter dem Titel: Bewegungen von Pflanzen, welche gewissermaßen den freiwilligen Bewegungen der Thiere sich nähern, untersucht er die periodischen und Reizbewegungen der Mimosenblätter, um mit einem kurzen Bericht über Linné's Blüthenuhr und die hygroskopischen Bewegungen der Fruchtschalen zu schließen. Die Bewegungen der Ranken und schlingenden Stengel, von denen Du Hamel nur Wenig gewußt zu haben scheint, werden in dieser Zusammenstellung nicht behandelt; sie sind aber in einem früheren Kapitel, im Zusammenhang mit

den Haaren, Dornen u. dergl. ähnlich wie schon bei Caesalpin erwähnt. Wenn wir in dieser Behandlungsweise der verschiedenen Bewegungen der Pflanzen eine Classifikation derselben sehen dürfen; so war diese jedenfalls noch eine höchst ungenügende, insofern sie Gleichartiges trennte, ganz Ungleichartiges vereinigte; trotzdem war sie doch schon eine viel geordnetere als bei Bonnet und im Einzelnen finden wir hier sogar recht werthvolle neue Beobachtungen. Du Hamel kann zunächst als derjenige gelten, der zuerst das Licht als die Veranlassung heliotropischer Krümmung in Anspruch nahm; was er bezeichnend genug aus Bonnet's Experimenten ableitete. Nachdem er sich in ähnlicher Weise wie Hales mit der Vertheilung des Wachsthums an Sprossen beschäftigt und erkannt hatte, daß dieses mit beginnender Verholzung aufhört, legte er sich auch die Frage vor: an welchen Stellen die Verlängerung der Wurzeln stattfinde und durch zweckmäßige Experimente fand er, daß jeder Wurzelfaden nur an seinem, einige Linien langen, Endstück wächst, alles Uebrige aber keine weitere Verlängerung erfährt. In dem Capitel über die Richtung der Pflanzentheile prüft er nun die Richtigkeit der bis dahin versuchten Erklärungen der geotropischen Krümmungen. Astruc und de la Hire hatten das Gewicht des absteigenden Saftes als die Ursache der Abwärtskrümmung der Wurzeln und die im Gewebe aufsteigenden leichteren Dünste als die Ursache der Aufwärtskrümmung der Stengel in Anspruch genommen, Bazin dagegen die Feuchtigkeit der Erde für den Geotropismus der Wurzel verantwortlich gemacht. Du Hamel unternahm es nun, zu entscheiden, ob es die Feuchtigkeit, geringere Temperatur oder Dunkelheit der Erde sei, welche die Abwärtskrümmung der Wurzeln veranlaßte, was er nach dem Ausfall seiner Versuche verneinen mußte. Uebrigens sah es mit seiner mechanischen Erklärung derjenigen Bewegungen, welche wir jetzt als geotropische, heliotropische und periodische bezeichnen würden, übel aus; denn er kam zu dem Schluß, daß die „Richtung der Dämpfe" innerhalb der Pflanzengefäße und in der Umgebung der Pflanze mehr als andere Ursachen zur Her-

vorrufung derartiger Bewegungen beitragen, und wenn die Wärme und das Licht Einfluß darauf zu nehmen scheinen, so sei es vielleicht nur deßhalb, weil sie Dämpfe erzeugen, oder diesen eine bestimmte Bewegung ertheilen. — Betreffs der Bewegungen der Mimosenblätter wiederholte Du Hamel einen schon 1729 von Mairan gemachten Versuch, bei welchem die periodische Bewegung auch in constanter Finsterniß fortdauerte; er kam zu demselben Resultate, aus dem er schloß, daß die periodischen Bewegungen der Mimose von Temperatur und Lichtänderungen nicht wesentlich abhängen; 1757 hatte Hill den Beleuchtungswechsel als die Ursache der Schlafbewegungen in Anspruch genommen, da er fand, daß eine am Tage vorgenommene Verdunkelung die Nachtstellung hervorrief; wogegen wieder Zinn 1759 zu einem ähnlichen Schluß wie Mairan und Du Hamel gelangte. Erst lange nachher wurde die Frage durch Dutrochet zum Theil geklärt. Du Hamel hielt es für nöthig, die früher von Tournefort geäußerte Meinung, daß die Pflanzenbewegungen durch Muskeln vermittelt werden, besonders zu widerlegen und zu zeigen, daß Tournefort's Pflanzenmuskeln hygroskopische Fasern sind.

Schließlich ist noch zu erwähnen, daß er zuerst bemerkte, daß die beiden Gabeläste einer Weinranke um eine zwischen ihnen befindliche Stütze in entgegengesetzter Richtung sich winden; auch scheint er der Erste gewesen zu sein, der die Reizbarkeit der Staubfäden von Opuntia und Berberis mit der der Mimosenblätter verglich; die Staubgefäße von Berberis wurden später mehrfach, zumal von Covolo 1764, Koelreuter 1788, Smith 1790 u. a. untersucht, ohne jedoch zu neuen Ergebnissen über die Natur der Reizbarkeit zu führen. Dieß geschah dagegen durch dal Covolo's berühmte Abhandlung 1764 über die Staubfäden der Cynareen, die zwar noch kein definitives Resultat ergab, aber werthvolle Einzelnheiten brachte, welche einiges Licht auf die Mechanik dieser Reizbewegungen warfen. Koelreuter, der sich 1766 auch mit diesen Objecten beschäftigte, ging dabei weniger auf eine mechanische Erklärung derselben,

als darauf aus, die Reizbarkeit der Staubgefäße als Beweise für die Nothwendigkeit der Insectenhilfe bei der Bestäubung in Anspruch zu nehmen. — Eine Bewegung ganz neuer Art entdeckte Corti 1772 in den Schläuchen der Charen: die jetzt sogenannte Circulation des Protoplasma's; diese Form pflanzlicher Bewegung schien jedoch zunächst nicht die geringste Aehnlichkeit mit den damals bekannten phytodynamischen Vorgängen zu haben und wurde daher auch und noch lange nachher mit diesen nicht in Verbindung gebracht; vielmehr setzte sich bald der Irrthum fest, daß man es hier mit einer Circulation des Nahrungssaftes in dem Sinne früherer Physiologen zu thun habe; ein Irrthum der sich noch tief bis in unser Jahrhundert herein erhielt und sich mit den mißverstandenen Bewegungen des Milchsaftes verband, um sich bei Schultz Schultzenstein zur Lehre von der Circulation des Lebenssaftes auszubilden. Uebrigens war zeitweilig Corti's Entdeckung wohl ihrer Fremdartigkeit wegen wieder in Vergessenheit gerathen, so daß sie 1811 von Treviranus erneuert werden mußte. Nicht viel besser stand es mit der Bewegung der Oscillatorien, (welche Adanson 1767 entdeckte, da sie Vaucher zunächst nur dazu verleitete), die Oscillatorien für Thiere zu erklären.

3) So unvollkommen auch die theoretischen Bestrebungen des 18. Jahrhunderts auf diesem Gebiet waren, gingen sie doch wenigstens darauf aus, die verschiedenen Bewegungsformen der Pflanzen auf ein Spiel physikalischer Kräfte zurückzuführen. Schon in den letzten Jahren des Jahrhunderts trat jedoch auch hier, wie auf allen Gebieten der Botanik und Zoologie eine andere Auffassungsweise der gesunden Weiterentwickelung der Wissenschaft entgegen. Auch die Mehrzahl derer, die sich von der Naturphilosophie und ihren Redensarten fern hielten, glaubten doch in den Organismen etwas der übrigen Natur Fremdes sehen zu müssen; da die bisherigen Versuche, die Lebenserscheinungen mechanisch zu erklären, im Ganzen sehr ungenügend ausgefallen waren, hielt man jede derartige Erklärung überhaupt für ganz unmöglich, selbst für widersinnig, ohne zu bemerken, daß die

Lebenskraft, die nunmehr Alles erklären sollte, eben nur ein Wort war, in welchem man alles Unerklärliche im Leben der Organismen zusammenfaßte. Die Lebenskraft wurde personificirt, und bei den Bewegungen der Pflanzen glaubte man sie förmlich mit Händen greifen zu können. War aber eine Erscheinung einmal der Lebenskraft verfallen, dann gab man jede weitere Untersuchung auf; man verhielt sich namentlich den phytodynamischen Erscheinungen gegenüber, wie jener Bauer, der sich die Bewegung der Locomotive nur durch ein darin enthaltenes Pferd erklären konnte. Dazu kam, daß mit dem Ende des vorigen Jahrhunderts die Kenntniß des inneren Baues der Pflanzen ihren niedrigsten Stand erreicht hatte; das einzige Strukturelement, dessen Form man einigermaßen kannte, waren die abrollbaren Spiralfasern, in deren hygroskopischen Bewegungen man die Zuckungen der Lebenskraft mit der Spiraltendenz der Pflanze vereinigt sah. Indem man zugleich ganze Gefäßbündel für Spiralfasern hielt, oder doch die Gefäßbündel ganz aus solchen bestehen ließ, sah man in ihnen die vegetabilischen Muskeln, die sich durch Reize der verschiedensten Art contrahiren und so die Bewegungen der Pflanzenorgane verursachen sollten, wobei man nicht einmal bedachte, daß gerade bei den Organen, welche, wie die der reizbaren und periodisch beweglichen Blätter, die auffallendsten Bewegungen zeigen, dieser Muskel eine centrale Lage besitzt, die ihn zu der ihm zugeschriebenen Funktion ganz unfähig macht. Es wäre ziemlich nutzlos und ermüdend, das Gesagte mit zahlreichen Beispielen, die sich leicht sammeln ließen, zu belegen; nur einige Sätze aus Link's Grundlehren der Anatomie und Physiologie 1807 will ich anführen; sie sind besonders lehrreich, weil Link sich gegen die Naturphilosophie erklärte und auf Seiten der inductiven Wissenschaft zu stehen behauptete. Unter dem Titel: „Bewegungen der Pflanzen" behandelte er aber die geotropischen Krümmungen, ebenso wie andere Bewegungen mit der damals gewöhnlichen Oberflächlichkeit, um schließlich zu finden, daß die Wachsthumsrichtung der Stämme und Wurzeln durch eine in jeder Pflanze bestimmte Polarität bewirkt wird,

„die uns auf höhere Verbindungen unseres Planeten im Weltraum" schließen läßt. „Daß das Licht die Ursache des Pflanzenschlafs sei, ließ sich bald vermuthen", sagt er, worauf nun die einander widersprechenden Angaben Hill's, Zinn's und De Candolle's zu einem unentwirrbaren Knoten verschlungen, angeführt werden, der jeder logischen Behandlung spottet. Dann weist er aber die mechanischen Erklärungsversuche mit der Bemerkung ab, daß die Pflanzen ihren regelmäßigen Schlaf auch im Dunkeln und in der Kühlung behalten, denn diese so merkliche Angewöhnung sei eines der wichtigsten Kennzeichen der Vitalität. Zu demselben Resultat führt ihn Desfontaine's Erfahrung, daß eine Mimose, der Erschütterung einer Wagenfahrt ausgesetzt, sich anfangs zwar schließt, dann aber wieder ausbreitet. Bezüglich der raschen Schwingungen der Blättchen von Hedysarum gyrans und ähnlicher Bewegungen, weist er zwar Percival's Annahme eines Willens der Pflanzen zurück; sie aber von mechanischen oder chemischen Gründen ableiten zu wollen, habe bisher nur zu Spielerei geführt.

Daß Männer, die Solches und noch weit Schlimmeres drucken ließen, auf diesem Gebiet nichts leisten konnten, liegt auf der Hand. Der eben so breite, als seichte Strom derartiger Meinungen fluthete aber noch lange, selbst bis in die dreißiger Jahre fort, bis er sich endlich verlief, als nach und nach seine Quellen durch neue Entdeckungen verstopft wurden und wissenschaftliche Forschungen wieder die Oberhand gewannen. Denn einzelne ruhigere Denker, die sich mit leeren Worten nicht begnügten, hatten unterdessen den von Ray, Dodart, Hales, Du Hamel betretenen Weg weiter verfolgt und durch Experimente und ernstes Nachdenken neue Thatsachen zu Tage gefördert, welche die mechanische Erklärung phytodynamischer Erscheinungen wenigstens anbahnen konnten. In diesem Sinne hatte schon am Anfang dieses Zeitraums Senebier in seiner Physiologie végétale 1700 eine sehr ausführliche Untersuchung des Etiolements mitgetheilt, welche zwar an dem großen Fehler litt, daß er die im Finstern nicht stattfindende Kohlensäurezersetzung für

die Mißfärbung der Blätter und die starke Streckung der Stengel verantwortlich machte; dafür aber brachte er die echt naturwissenschaftliche Methode zur Geltung, deren Geist sich auch darin aussprach, daß Senebier den Linné'schen Ausdruck Pflanzenschlaf unzutreffend fand, weil, wie er bemerkte, die schlafenden Blätter keineswegs erschlafft, sondern ebenso schraff wie am Tage sind. — Aehnlich wie Senebier experimentirte auch De Candolle über den Einfluß des Lichts auf die Vegetation (1806) und es gelang ihm nachzuweisen, daß die tägliche Periode der Blätter sich durch künstliche Beleuchtung umkehren läßt; wie schon in der Geschichte der Ernährungslehre erwähnt, war er zwar Anhänger der Lebenskraft, von der er jedoch nur dann Gebrauch machte, wenn physikalische Erklärungen versagten. — In das Jahr 1806 fällt aber noch eine der glänzendsten Entdeckungen, die den Naurphilosophen und Anhängern der Lebenskraft um jeden Preis, sehr unbequem wurde und gewiß dazu beigetragen hat, die wissenschaftliche Behandlung der Pflanzenbewegungen wieder auf die rechte Bahn zu leiten. Es war der von **Andrew Knight** [1]) gelieferte, experimentelle Nachweis, daß der verticale Wuchs der Stämme und Hauptwurzeln durch die Schwerkraft verursacht wird, indem er keimende Pflanzen an einem sich rasch drehenden Rade befestigte und sie so der Centrifugalkraft allein oder unter Mitwirkung der Schwere aussetzte; wie sonst der letzteren, so folgten hier die Keimwurzeln der Richtung der Centrifugalkraft, während die Keimstengel die entgegengesetzte Richtung annahmen. Die Frage war nun aber, auf welche Art die Schwere, resp. die Centrifugalkraft, es bewirkt, daß Wurzel und Stengel gerade entgegengesetzte Richtungen einschlagen, warum z. B. bei einer horizontal gelegten Pflanze die Wurzelspitze sich abwärts, der Stengel sich aufwärts krümmt. Knight nahm an, daß jene, wie eine halbweiche Masse durch ihr eigenes Ge-

---

[1]) Thomas Andrew Knight war Präsident der horticultural society, zu Wormsley Grange bei Herford 1758 geboren, zu London 1838 gest.

wicht sich abwärts biege, wogegen im Stengel der Nahrungssaft sich nach der Unterseite hinzieht und diese so lange zu stärkerem Wachsthum veranlaßt, bis durch die so bewirkte Krümmung der Stengel wieder grade aufgerichtet ist. Auch hier, wie einst bei Dodart, kam zunächst wenig darauf an, daß die Erklärung sich später als ungenügend erwies; in jener Zeit konnte man sich bei ihr beruhigen, denn sie erklärte, was man von der Erscheinung kannte, genügend. Derselbe Geist echter Naturforschung, der sich in Knight's Erklärung des Geotropismus aussprach, fand übrigens seinen Ausdruck auch in zahlreichen anderen Beiträgen zur Pflanzenphysiologie, unter denen hier nur noch zwei erwähnt werden sollen; 1811 zeigte er, daß unter geeigneten Umständen Wurzeln von ihrer verticalen Richtung durch feuchte Erde abgelenkt werden können, eine Beobachtung, die später (1828) zwar von Johnson bestätigt, dann aber ganz vergessen wurde. Mehr Beachtung fand seine Entdeckung (1812), daß die Ranken von Vitis und Ampelopsis negativ heliotropisch sind, d. h. sich von der Lichtquelle wegwenden; die ersten Fälle dieser Art von Heliotropismus, für welche man auch jetzt eine nur geringe Zahl von Beispielen kennt, die aber deshalb von großem Interesse sind, weil sie lehren, daß die Beziehungen der Pflanzen zum Licht denselben Gegensatz zeigen, wie die zur Schwerkraft. Es war etwas von Hales' grader und kühner Logik in seinem Landsmanne Knight, der der Lebenskraft zum Trotz mit mechanischen Erklärungen, wo sich die Möglichkeit bot, sofort bei der Hand war; so erklärte er auch das Winden der Ranken dadurch, daß der Druck der Stütze die Säfte nach der entgegengesetzten Seite treibe, die in Folge dessen stärker wächst und so die Krümmung bewirkt, durch welche die Ranke die Stütze umwindet. Diese Theorie war jedenfalls besser, als was später (1827) Hugo Mohl an ihre Stelle zu setzen suchte und bis auf die letzten Jahre ist keine bessere gegeben worden. Aehnlich war es auch mit Knight's Erklärung der geotropischen Krümmungen; zwar zeigte 1828 Johnson, daß abwärts krümmende Wurzelspitzen ein Gewicht, schwerer als sie selbst, in Bewegung

setzen, also nicht einfach hinabsinken, und Pinot 1829, daß sie auch in Quecksilber eindringen, daß also Knight's Theorie wenigstens betreffs der Wurzeln ungenügend ist; eine bessere wurde jedoch selbst bis heute nicht gefunden und seine Ansicht von dem Vorgang der Aufwärtskrümmung der Stengel ist ebenfalls auch heut noch nicht durch eine andere, allgemein angenommene ersetzt.

Bis in die zwanziger Jahre hatte sich allgemein die Annahme erhalten, daß die Bewegungen der Pflanzentheile durch die Spiralgefäße, oder, was damals gleichbedeutend war, durch die Gefäßbündel vermittelt werden. Da war es ein Ereigniß von Bedeutung, als Dutrochet 1822 bewies, daß die Bewegungen der Mimosenblätter durch die wechselnde Expansion der antagonistischen Parenchymmassen ihrer Polster hervorgerufen werden, daß bei den Krümmungen der letzteren das centrale Gefäßbündel also nur passiv mitgekrümmt wird. Zu dieser Ansicht war allerdings schon 1790 Lindsay durch ganz ähnliche Versuche, wie Dutrochet gelangt; seine ungedruckte Abhandlung darüber wurde aber erst 1827 von Burnett und Mayo an's Licht gezogen. Unter dessen hatte Dutrochet auch schon erkannt, daß das Licht die Bewegungen der Blätter in sehr verschiedenem Sinne beeinflußt, indem es die in dauernder Finsterniß starr gewordenen erst wieder in den normalen beweglichen Zustand versetzt, daß aber Beleuchtungswechsel auf diesen letzteren als Bewegungsreiz einwirkt.

Im Laufe der zwanziger Jahre regte sich vielseitig das Interesse an den verschiedenen Bewegungen der Pflanzenorgane. Im Jahr 1826 stellte die medicinische Facultät in Tübingen eine Preisfrage, welche Auskunft über die Eigenschaften der Ranken und Schlingpflanzen verlangte und dabei alle diejenigen Puncte hervorhob, welche nothwendig erst bereinigt sein mußten, wenn eine tiefere Einsicht in die Bewegungen dieser Organe, die man bis dahin fast ganz vernachlässigt hatte, gewonnen werden sollte. Die beiden gekrönten Preisschriften wurden 1827 publicirt. Die eine war von Palm, die andere von Hugo Mohl, beide

aber von sehr verschiedenem Werth; Palm's Schrift ist eine gute fleißige Schülerarbeit, die von Mohl hat durchaus nichts von einer solchen an sich; die Art der Darstellung, die genaue Literaturkenntniß, die Fülle eigener Erfahrung, die durchschlagende Kritik, die Hervorhebung des principiell Wichtigen, das Gefühl der Sicherheit und Ueberlegenheit, das sich hier ausspricht, läßt den Leser vergessen, daß er nicht die Arbeit eines gereiften Fachmannes, sondern die eines zweiundzwanzigjährigen Studenten vor sich hat. Diese akademische Preisschrift: über den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen war nicht nur eine von Mohl's besten Abhandlungen, sondern überhaupt das Beste, was über diesen Gegenstand bis auf Darwin's denselben behandelnde Schrift 1865 geleistet worden ist. Es muß hier aber sogleich gesagt werden, daß Mohl die eigentlich mechanischen Vorgänge im Gewebe windender Ranken und Schlingpflanzen nicht erklärte, da er in beiden Fällen zur Annahme einer Reizbarkeit gelangte, in Folge deren die Umwindung der Stütze stattfindet und er diese Reizbarkeit nur „dynamisch" nicht aber „mechanisch" glaubte auffassen zu müssen; das hinderte jedoch nicht, daß Mohl seine Untersuchung bis auf diesen Punct durchaus im Sinne einer streng naturwissenschaftlichen durchführte und diejenigen Thatsachen, welche sich durch Beobachtung und Experiment feststellen ließen, so genau studirte, wie es bis dahin noch bei keiner Pflanzenbewegung geschehen war. Es war eine echt Mohl'sche Arbeit: streng inductiv bis zu dem Puncte, wo die deductive Forschung hätte anfangen müssen. Sehr werthvoll war zunächst die zweckmäßige Unterscheidung der hier in Betracht kommenden Organe in Ranken und schlingende Stengel, da das Verhalten beider wesentliche Verschiedenheiten zeigt; noch werthvoller die Entdeckung, daß die Berührung mit der Stütze als Reiz auf die Ranke wirkt, was er allerdings irrthümlich auch auf die schlingenden Stengel ausdehnte. Mohl trat sofort der neuen Ansicht Dutrochet's bei, daß es nicht die Gefäßbündel, sondern die Parenchymschichten sind, welche die Bewegungen vermitteln; die seit Caesalpin

immer wiederholte, wenn auch nur verschämt ausgedrückte Ansicht, daß die Ranken und Schlingpflanzen ihre Stützen „gleichsam aufsuchen", die seit Grew oft wiederholte, ganz gedankenlose Annahme, daß die verschiedene Richtung des Schlingens der Stengel durch den verschiedenen Einfluß des Laufs der Sonne und des Mondes bewirkt werde, wies er schlagend ab; dafür zeigte er, wie die Nutationsbewegungen der schlingenden Stengel vollkommen hinreichen, das sogenannte Aufsuchen der Stützen zu erklären und wenn er die entsprechende Erscheinung bei den Ranken auch nicht entdeckte, so genügte das, was er sah, doch zur Abweisung jener veralteten Meinung. Auf die sehr zahlreichen, meist guten Einzelheiten einzugehen ist hier nicht der Ort, und daß manche derselben später berichtigt werden mußten, braucht kaum erwähnt zu werden. Hauptsache war, daß durch Mohl's umfangreiche Untersuchung ein Muster geliefert war, wie phytodynamische Erscheinungen allseitig zu studiren sind, bevor man an eine eigentlich mechanische Erklärung derselben denken kann.

Auch wenn es Mohl versucht hätte, die Vorgänge im Gewebe windender Organe mechanisch zu erklären, so hätte dieser Versuch doch scheitern müssen, da ein Agens, welches hier sicherlich mit in Betracht kommen mußte, die Diffusionsvorgänge, erst in demselben Jahr (1826), wo er die Bearbeitung unternahm, von Dutrochet entdeckt und erst später soweit studirt wurde, daß es sich zur Erklärung von Vegetationserscheinungen benutzen ließ. Dutrochet suchte die Endosmose schon 1828 in die Phytodynamik einzuführen, und insofern es sich dabei nur um den Nachweis handelt, wie überhaupt und im Allgemeinen durch Endosmose und Exosmose Turgescenzänderungen des Gewebes zu Stande kommen, war damit auch in der That ein neues mechanisches Erklärungsmittel für solche Vorgänge gewonnen, die man bis dahin vitalistisch glaubte auffassen zu müssen; allein in seinen späteren, ausführlichen Bearbeitungen des Geotropismus, Heliotropismus, der periodischen und Reizbewegungen u. s. w., die er in den „Mémoires" 1837 zusammenstellte, gerieth Dutrochet in einen zwiefachen Irrthum; einerseits nahm er, um

durch Endosmose die verschiedensten Krümmungen zu erklären, Größen- und Schichtungsverhältnisse der Zellen an, die factisch nicht existiren und anderseits genügte ihm die Endosmose im Parenchym nicht; er zog vielmehr auch Veränderungen in den Gefäßbündeln herbei, welche durch die Einwirkung des Sauerstoffs in unerklärter Weise hervorgerufen werden sollten. So gab sich Dutrochet bei der Erklärung der einzelnen Vorgänge allerdings Blößen und seine mechanischen Theorieen blieben unbefriedigend; Anerkennung verdient aber, und für die Entwickelung der Phytodynamik werthvoll war, daß Dutrochet mit ganz entschiedenem Ernst darauf ausging, die Pflanzenbewegungen im Einzelnen mechanisch zu erklären; denn selbst die Gegner solcher Erklärungen mußten sich, um ihn zu widerlegen, doch in mechanische Verhältnisse vertiefen und mit der einfachen Behauptung, das Alles mache die Lebenskraft, konnte man jetzt Niemandem mehr imponiren; selbst ein so ganz in der Lebenskraft befangener Mann, wie Treviranus, mußte sich mit der Endosmose abzufinden suchen. Uebrigens boten Dutrochet's ausführliche phytodynamische Untersuchungen eine Fülle interessanter Erfahrungen, feiner Combinationen und anregender Betrachtungen, durch welche die Lectüre derselben noch jetzt lehrreich, jedem der sich selbst mit derartigen Forschungen beschäftigt, sogar unentbehrlich ist; eine Vergleichung seiner betreffenden Aufsätze in den Mémoires von 1837 mit dem, was vorher über die Mechanik der Pflanzenbewegungen bekannt war, läßt nicht verkennen, daß hier an die Stelle der früheren behaglichen Gedankenlosigkeit, energische Verstandesarbeit getreten war.

Vollständig mechanisch erklärt war also noch keine einzige Pflanzenbewegung; wohl aber hatten sich bis zum Schluß der dreißiger Jahre die Ansichten geklärt; die Mitwirkung der äußeren Agentien war in der Hauptsache bekannt, die verschiedenen Bewegungsformen besser auseinander gehalten, wenn auch in dieser Richtung noch viel zu thun übrig blieb; und was die mechanischen Veränderungen im Gewebe der beweglichen Theile anbelangt, so war in der Endosmose wenigstens ein Factor gegeben,

mit dem sich rechnen ließ, wenn auch seine Anwendung anders als bisher versucht werden mußte.

Bevor ich nun über die weiteren theoretischen Bestrebungen auf diesem Gebiet zwischen 1840 und 1860 berichte, ist noch darauf hinzuweisen, daß man unterdessen auch wieder neue Fälle verschiedener Pflanzenbewegungen auffand. Dutrochet hatte den Keimstengel von Viscum als ein negativ heliotropisches Organ erkannt und sein Verhalten sorgfältig studirt; der alten Ansicht, daß die geotropische Abwärtskrümmung ein Vorrecht der Hauptwurzeln sei, und daß sie dadurch in „polarem" Gegensatz zum Stamm stehen, trat er mit dem Hinweis auf die Rhizomsprosse von Sagittaria, Sparganium, Typha u. a. entgegen, welche wenigstens in ihrer Jugend mit Gewalt sich abwärts krümmen; und indem er Knight's Rotationsversuche erweiterte, fand er, daß auch die Blätter einen eigenthümlichen Geotropismus zeigen. — Diese Wahrnehmungen und manche neue Beispiele periodischer und Reizbewegung traten nun ohne Schwierigkeit in Verbindung mit den längst bekannten Bewegungsformen im Pflanzenreiche, indem sie zugleich zur Berichtigung der Ansichten über diese beitrugen. Nicht so war es einstweilen mit zwei anderen in das Gebiet der Phytodynamik gehörigen Erscheinungen: mit dem normalen Wachsthum einer-, mit den Protoplasmabewegungen anderseits, in denen so zu sagen die beiden entgegengesetzten Extreme der hierher gehörigen Thatsachen auftreten. Ueber das Wachsthum hatte man seit dem Beginn des Jahrhunderts verschiedene Messungen gemacht, seine Abhängigkeit von Licht und Wärme ohne nennenswerthen Erfolg zu constatiren versucht; die Bewegungen des Protoplasmas hatte 1811 Treviranus wieder in den Nitellen aufgefunden; durch Amici, Meyen und Schleiden wurden ähnliche Bewegungen auch in den Zellen höherer Pflanzen vielfach nachgewiesen, aber für Strömungen des Zellsaftes gehalten; daß es sich hier um Bewegungen derselben organisirten Substanz handelt, welche in Form von Schwärmsporen ganz frei im Wasser herumschwimmt, war noch unbekannt. Alle diese Erscheinungen, zumal auch die

Bewegungen der Schwärmsporen in den dreißiger Jahren, wurden zwar beachtet und im Einzelnen studirt; man dachte aber noch nicht daran, sie und die Mechanik des normalen Wachsthums mit denjenigen Erscheinungen, welche man gewöhnlich unter dem Titel: Bewegungen im Pflanzenreich zu behandeln pflegte in Zusammenhang zu bringen; De Candolle und Meyen erwähnten ihrer in ihren bekannten Compendien (1835 und 1839) in diesem Zusammenhange nicht; vielmehr behandelte Meyen die „Circulation des Zellsaftes" bei der Ernährung und das Schwimmen der Schwärmsporen bei der Fortpflanzung der Algen. — Die längst bekannten Bewegungen im Pflanzenreich, welche man gewöhnlich im Zusammenhang aufzuführen pflegte, trennten die genannten Schriftsteller, ähnlich wie es Du Hamel gethan hatte, in zwei Hauptgruppen, indem sie die geotropischen und heliotropischen Krümmungen, die Bewegungen der Ranken und Schlingpflanzen unter dem Titel: „Richtung der Pflanzen", die periodischen und Reizbewegungen aber unter dem der: „Bewegungen" behandelten, ohne daß man jedoch die Argumente dieser Eintheilung angab; offenbar lag ihr das dunkle, der klaren Erkenntniß vorauseilende Gefühl zu Grunde, daß es sich bei jenen um wachsende, bei diesen um ausgewachsene Pflanzentheile handelt. Dutrochet machte eine derartige Unterscheidung jedoch nicht. Er war aber unter den Hauptvertretern der Pflanzenphysiologie in den dreißiger Jahren der einzige, der sich den phytodynamischen Erscheinungen gegenüber schon ganz auf den Standpunct der mechanischen Auffassung gestellt hatte. Daß Treviranus gänzlich in der Lebenskraft befangen war, wurde schon erwähnt; De Candolle und Meyen suchten zwar die einzelnen Pflanzenbewegungen womöglich mechanisch zu erklären, verfielen aber doch bei allgemeineren Betrachtungen gern noch in veraltete Ansichten; so war die Reizbarkeit der Mimosen für De Candolle ein Fall höchster „Excitabilität" und Röper übersetzte, in Uebereinstimmung mit seinen sonstigen Ansichten, De Candolle's Ausdruck: autonome Bewegungen mit dem: „eigenwillige" Bewegungen. Meyen nannte die hier gemeinten Bewegungen von

Hedysarum gyrans, denen er auch die von Oscillatoria anreihte, „freiwillige" Bewegungen; daß er hierbei wohl noch dunkle Reminiscenzen an die alte Pflanzenseele hegte, zeigt der Titel des betreffenden Abschnitts seines Werkes, welcher: „Von den Bewegungen und der Empfindung der Pflanzen" lautet; auch ist diesem Abschnitt ein Schlußkapitel gewidmet, wo Meyen den Pflanzen, wenn auch in sehr gewundenen Ausdrücken, doch eine Art Empfindung zuschreibt, die er aus der offenbaren Zweckmäßigkeit ihrer Bewegungen folgert.

5) Mit dem Beginn der vierziger Jahre verschwanden auch auf diesem Gebiet die Unklarheiten der Naturphilosophie und der Lebenskraft; die inductive, methodisch naturwissenschaftliche Forschung, die noch in den dreißiger Jahren mit ihnen zu kämpfen hatte, galt wieder für die allein berechtigte; zwar fehlte es nicht an einigen Nachzüglern, sie fanden aber keinen Anklang. Man drang vor Allem auf genaue Untersuchung der einzelnen Facta, um für spätere Theorieen eine festere Basis zu gewinnen. Zu einem irgend wie abschließenden Resultat, oder zu ganz neuen Gesichtspuncten, wie in der Phytotomie, Morphologie und Systematik gelangte man jedoch bis 1860 in der Phytodynamik nicht, da sich die besten Kräfte, die hervorragendsten Forscher der Förderung jener Disciplinen fast ausschließlich widmeten und die phytodynamischen Studien fast ganz aus dem Gesichtskreis der meisten Botaniker verschwanden. Eine so dauernde, extensive und intensive Bearbeitung, wie Dutrochet sie diesen Dingen in den zwanziger und dreißiger Jahren zugewendet hatte, wurde ihnen in den beiden folgenden Jahrzehnten nicht zu Theil; wohl aber wirkte der von ihm gegebene Anstoß zunächst insofern kräftig nach, als nunmehr die Endosmose neu bearbeitet, als ein specieller Fall der Molecularphysik behandelt wurde; der so erweiterte Gesichtskreis gestattete später eine freiere Bewegung bei der mechanischen Behandlung phytodynamischer Fragen, die gleichzeitig durch die Fortschritte der Phytotomie eine festere Basis gewannen. Was aber, abgesehen von Brücke's Abhandlung über die Mimose (1848) geleistet wurde, hatte doch mehr den Character des

kritisch Sichtenden bezüglich der früheren Leistungen, und was an Neuem und Positivem zum Vorschein kam, blieb unvollendet bis in die Zeit, in welche unsere Geschichte nicht mehr fortzuführen ist. Bei dieser Sachlage ist eine zusammenfassende Darstellung der Leistungen dieses Zeitraums kaum möglich und beschränke ich mich darauf, die wichtigeren neuen Entdeckungen und theoretischen Bestrebungen einzeln vorzuführen.

Im Anfang der vierziger Jahre beschäftigten sich verschiedene Beobachter mit dem Einflusse des Lichts auf wachsende Pflanzentheile. Payer behauptete 1843, daß die Keimwurzeln verschiedener Phanerogamen das Licht fliehen, worüber sich zwischen ihm und Dutrochet ein Streit entspann, an welchem sich 1845 auch Durand betheiligte; ohne daß es später auch nur betreffs der Thatsache selbst zu einem bestimmten Abschluß kam. Viel wichtiger hätte die schöne Entdeckung von Schmitz 1843 werden können, daß die Rhizomorphen im Licht zwar langsamer als im Finstern wachsen, aber dennoch negativ heliotropisch sind; eine Thatsache, deren theoretischer Werth jedoch bis auf die neueste Zeit vollständig verkannt worden ist. — Sebastian Poggioli hatte schon 1817 die stark brechbaren Strahlen des Lichtes als die heliotropisch wirksameren erkannt und 1842 wurde dieß von Payer bestätigt, dem jedoch Dutrochet 1843 mit der unrichtigen Behauptung entgegentrat, daß nicht die Brechbarkeit, sondern die Helligkeit des Lichtes der entscheidende Factor sei. Zantedeschi fand aber 1843, daß rothes, oranges und gelbes Licht heliotropisch unwirksam ist, wogegen Gardner 1844 und Guillemain 1857 mit Hülfe des Spektrums zu dem Resultat kamen, daß alle Strahlen desselben heliotropisch wirksam sind; mit welchen Widersprüchen behaftet, die Frage liegen blieb, bis sie erst 1864 wieder neu aufgenommen wurde. Ganz ähnlich ging es, um dieß hier nachzutragen, mit der Wirkung des verschiedenfarbigen Lichts auf die Sauerstoffabscheidung und die Chlorophyllbildung; schon 1836 hatte sich Daubeny damit beschäftigt und sich der Ansicht zugeneigt, daß nicht sowohl die Brechbarkeit, als die Helligkeit des Lichtes ent-

scheide und auch Draper's 1844 mit Hülfe des Spektrums gemachte Beobachtung, daß die Sauerstoffabscheidung im gelben Licht eine maximale ist und beiderseits davon abnimmt, wurde später allgemein in dem Sinne gedeutet, als ob es sich auch hier nur um die Helligkeit des Lichtes handle, eine Ansicht, die erst in neuester Zeit definitiv beseitigt wurde, wie denn überhaupt alle soeben erwähnten Untersuchungen bis in die sechziger Jahre hinein zu keinem befriedigenden Abschluß gelangten und theoretisch kaum verwerthet wurden.

Den Glanzpunct in der Entwicklung der Phytodynamik bildet aber eine Abhandlung Brücke's über die Bewegungen der Mimosenblätter 1848, nicht bloß wegen ihrer außerordentlich wichtigen Resultate, sondern noch mehr durch die Exaktheit ihrer Methode, die geradezu das Vorbild für jede weitere Untersuchung auf diesem Gebiet geworden ist. Von den Resultaten ist namentlich zu erwähnen, daß Brücke zuerst die wesentliche Verschiedenheit der periodischen Nachtstellung der Mimosenblätter von ihrer Reizstellung erkannte, indem jene mit einer Turgescenz-Zunahme, diese dagegen mit einer Erschlaffung verbunden ist: er zeigte ferner, daß nach Entfernung der oberen Hälfte des Bewegungsorgans nicht nur die periodischen Bewegungen fortdauern, sondern auch die Reizbarkeit noch erhalten ist. Methodisch wichtig war namentlich die klare Darlegung der zwischen dem Gefäßbündel und dem turgescenten Parenchymmantel bestehenden Spannung und die Zurückführung der periodischen und Reizbewegungen auf Wasserbewegungen in den antagonistischen Parenchymmassen, die zwar im Einzelnen noch Manches zu wünschen übrig ließ, aber den großen Vortheil darbot, den mit dem Begriff der Reizbarkeit verbundenen Mysticismus, welchen selbst Mohl noch nicht abgestreift hatte, zu beseitigen.

Eine ausführliche Untersuchung Wigand's über die Abwärtskrümmung der Wurzeln 1854 war die einzige dieses Thema behandelnde Arbeit in diesem Zeitraum, die auch deßhalb hervorgehoben zu werden verdient, weil sie zum ersten Mal seit langer Zeit wieder die eigentlich mechanischen Fragen dieses Vorgangs

theoretisch beleuchtete und, neben manchem sonst Lehrreichen, Dutrochet's von Mohl acceptirte, auf Endosmose und Gewebestruktur gegründete Theorie mit der einfachen Bemerkung beseitigte, daß auch einzellige Organe geotropische Krümmungen zeigen, wie denn überhaupt im Lauf der sechziger und siebziger Jahre erkannt worden ist, welch' große theoretische Bedeutung die Thatsache besitzt, daß abgesehen von den Reizbewegungen die verschiedensten phytodynamischen Erscheinungen auch an einzelligen Organen auftreten.

Es wurde oben darauf aufmerksam gemacht, daß Corti's 1772 gemachte, von Treviranus 1811 wiederholte Entdeckung der Circulation in den Zellen ohne theoretisches Ergebniß blieb und im Grunde war es auch so mit den späteren Beobachtungen Amici's, Meyen's und Schleiden's, durch welche zunächst die große Verbreitung derartiger Bewegungen in den Pflanzenzellen constatirt wurde. Ebenso waren die schon vor 1840 bekannten, ziemlich zahlreichen Fälle der Schwärmsporenbewegungen mehr ein Gegenstand der Verwunderung als wissenschaftlicher Betrachtung; diese letztere konnte in der That erst dann Platz greifen, als Nägeli und Mohl 1846 in dem Protoplasma das wahre Substrat der sogenannten Saftbewegung in den Zellen erkannten, und 1848 Alexander Braun die Schwärmsporen als hautlose Protoplasmamassen, aber als wahre Pflanzenzellen proklamirte. Man hatte also nunmehr ein neues Substrat und zwar das allereinfachste für die Pflanzenbewegungen entdeckt und Nägeli machte schon 1849 den Versuch, die Bewegungen der Schwärmsporen mechanisch zu erklären. Kam es bezüglich dieser Erscheinungen, für welche 1859 De Bary in den Myxomyceten die lehrreichsten Objekte aufwies, noch zu keiner mechanischen Einsicht, so führten sie später doch zu der Vermuthung, daß möglicherweise auch bei allen übrigen phytodynamischen Erscheinungen das Protoplasma in erster Linie betheiligt sei und Unger's 1855 gemachter Hinweis auf die Aehnlichkeit des pflanzlichen und thierischen Protoplasma's mußte diesem Gedanken eine ganz besondere Tragweite geben. Zum

Abschluß allerdings gelangte bis in die sechziger Jahre keine einzige dieser neuen Wahrnehmungen; wie sehr sich aber doch die Ansichten über die Phytodynamik im Allgemeinen schon im Anfang der fünfziger Jahre geklärt hatten, erkennt man deutlich genug in Mohl's 1851 (Vegetabilische Zelle) und in Unger's 1855 (Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen) übersichtlichen Darstellungen, von denen der erstere mehr kritisirend das Ungenügende der bis dahin gemachten Erklärungsversuche, Unger dagegen das bereits principiell Feststehende hervorhob.

So wenig, wie in den früheren Darstellungen der Phytodynamik wurde aber auch von Mohl und Unger die Mechanik des Wachsthums mit in den Kreis der phytodynamischen Erscheinungen gezogen. Vielmehr schien man einen gewissen Gegensatz zwischen Wachsthum und anderen Bewegungen im Pflanzenreich anzunehmen, was auch bis auf die allerneueste Zeit festgehalten worden ist. Ueberhaupt wurde seit Mariotte und Hales die Mechanik des Wachsthums nicht mehr zum Gegenstand von Untersuchungen und theoretischen Erwägungen gemacht; doch fehlte es nicht ganz an Beobachtungen, welche wenigstens die formalen Verhältnisse und die Abhängigkeit des Wachsthums von äußeren Einflüssen in's Auge faßten. Seit Du Hamel war Ohlert 1837 wieder der Erste, der sich mit der Vertheilung des Wachsthums an der Wurzel beschäftigte; bezüglich derselben Frage Betreffs der Stengel hatten Cotta's 1806, Chr. F. Meyer's 1808, Cassini's 1821, Steinheil's und andere Messungen wesentlich nur zu dem Resultat geführt, daß die Vertheilung des Wachsthums an den Internodien eine sehr verschiedene sein könne und selbst Münter's 1841 und 1843 und Grisebach's 1843 an wachsenden Internodien gemachte Messungen führten noch zu keinem erheblichen Ergebniß, weil es die Beobachter unterließen, die gewonnenen Zahlen theoretisch zu verwerthen. Man gab sich damals überhaupt, wie es scheint, der Meinung hin, es genüge, die Messungen einfach in Zahlen aufzuschreiben und es müsse dann ein theoretisches Ergebniß

schon von selbst in die Augen springen; wogegen erst, wenn die Zahlen bereits vorliegen, die eigentlich wissenschaftliche Arbeit beginnt. Aus diesem Grunde führten denn auch die hier noch zu nennenden Beobachtungen zu keinem bestimmten Ergebniß. Der Einfluß, welchen die veränderliche Lufttemperatur [1]) und der periodische Wechsel von Tageslicht und nächtlicher Dunkelheit auf das Längenwachsthum der Internodien und Blätter geltend macht, nachdem dieselben aus dem Knospenzustand hervorgetreten sind, ist vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen; schon Christian Jacob Trew publicirte 1727 lange fortgesetzte tägliche Messungen am Blüthenschaft von Agave americana in Verbindung mit Temperatur- und Wetterbeobachtungen; aber erst hundert Jahre später wurden ähnliche Beobachtungen von Ernst Meyer 1827 und Mulder 1829 aufgenommen, denen dann van der Hopp, de Vriese 1847 und 1848 folgten; eingehender wurden die einschlägigen Fragen aber erst von Harting 1842 und Caspary 1856 untersucht. Abgesehen von dem Ergebniß, welches Münter andeutete und Harting theoretisch verwerthete, daß nämlich die Wachsthumsgeschwindigkeit unabhängig von äußeren Ursachen erst zunimmt, dann ein Maximum erreicht, um wieder abzunehmen und ganz aufzuhören, worauf übrigens von Niemand weiter geachtet wurde, führten alle diese zum Theil sehr fleißigen Beobachtungen zu keinem Resultat, nicht einmal zur Feststellung einer wirklich brauchbaren Beobachtungsmethode; kaum zwei Beobachter kamen zu gleichem Resultat, da man sich die Fragen über die Beziehungen des Längenwachsthums zur Temperatur und zum Licht nicht hinreichend klar gemacht hatte. Es erschienen sogar Mittheilungen, die einfach nur fortgesetzte Längenmessungen wachsender Pflanzentheile tabellirten und wohl ein Bild der fortwährenden Ungleichförmigkeit des Wachsthums gaben, ohne aber von den Ursachen derselben irgendwie Rechenschaft geben zu können; so groß war die Unklarheit selbst in den fünfziger und sechziger Jahren, daß

---

[1]) Vergl. Arbeiten des bot. Instit. in Würzburg Bd. I. p. 99.

die meisten Beobachter sich die Frage stellten, welcher Unterschied zwischen täglichem und nächtlichem Wachsthum bestehe; ohne zu überlegen, daß Tag und Nacht nicht einfache Naturkräfte sind, sondern verschiedene und sehr variable Complicationen äußerer Wachsthumsbedingungen: der Temperatur, Beleuchtung, Feuchtigkeit, und daß eine solche Fragestellung unmöglich zur Auffindung gesetzlicher Beziehungen führen kann, so lange man nicht die einzelnen Faktoren kennt, welche in den Begriffen Tag und Nacht enthalten sind. — Die theoretisch werthvollste der genannten Publikationen war unzweifelhaft die von Harting 1842, der mit Entschiedenheit darauf ausging, aus seinen Messungen bestimmte Sätze theoretischen Inhalts zu gewinnen, namentlich die Abhängigkeit des Wachsthums von der Temperatur auf einen mathematischen Ausdruck zu bringen, der jedoch ungenügend genug ausfiel. Die Voraussetzung: daß sich zwischen dem Wachsthum und der Temperatur eine einfache arithmetische Beziehung finden müsse, war schon von Adanson im vorigen Jahrhundert angeregt worden und fand ganz besonders zwischen 1840 und 1860 vielen Beifall, wobei man jedoch dem Wort Wachsthum einen höchst allgemeinen Sinn unterlegte, indem man damit in mehr populärer Redeweise die Gesammtheit aller Vegetationserscheinungen bezeichnete. Adanson hatte angenommen, die Zeit des Ausschlagens der Knospen werde durch die Gesammtzahl der Grade mittlerer Tageswärme bestimmt, welche vom Jahresanfang an gerechnet, zusammenkommen; obgleich Senebier und später P. de Candolle sich gegen diese Beziehung ausgesprochen hatten, gewann ein ähnlicher Gedanke nach 1840 nicht nur vielen Anklang, sondern er wurde geradezu wie ein leicht begreifliches Naturgesetz behandelt. Boussingault hatte nämlich darauf hingewiesen, daß wenn man bei Culturpflanzen in Europa und Amerika die gesammte Vegetationszeit in Tagen ausgedrückt mit der mittleren Temperatur dieses Zeitraums multiplicirt, die erhaltenen Producte bei derselben Pflanzenspecies nicht allzuweit von einander abweichen. Darauf hin wurde nun angenommen, daß diese Abweichungen nur Folge ungenauer Beobachtung seien

und daß für jede Pflanzenspecies ein solches constantes Product von Vegetationszeit und Mitteltemperatur gelten müsse. Zudem bezeichnete man dieses Product mit dem unsinnigen Ausdruck Temperatursumme. Fände nun eine derartige Beziehung zwischen Vegetation und Temperatur statt, so würde ohne Weiteres daraus folgen, daß alle anderen Einwirkungen, die des Lichtes, der Feuchtigkeit, des Bodens u. s. w. auf die Vegetationszeit überhaupt gar keinen Einfluß ausüben, ganz abgesehen davon, daß schon die einfachsten Wachsthumsvorgänge in höchst complicirter Weise nicht nur von inneren Ursachen, sondern auch von der Temperatur abhängen. Es ist hier um so weniger der Ort, auf die in dem Begriff der Temperatursumme liegende Ungereimtheit noch einmal hinzuweisen, als ich bereits 1860 (Jahrbücher für wiss. Bot. Bd. I. p. 370) das Nöthige gesagt habe. Es ist aber merkwürdig, daß ein solches Monstrum von Logik bis in die sechziger Jahre die Wissenschaft nach den verschiedensten Richtungen hin schädigen konnte. Es entstand sogar eine neue Wissenschaft, die sogenannte Phaenologie, welche Tausende und aber Tausende von Zahlen aufhäufte, um die für jede Pflanze charakteristische Temperatursumme aufzufinden, und als diese grobe Empirie zeigte, daß die einfache Multiplication von Vegetationszeit und Temperatur keine constante Zahl liefere, so versuchte man es mit dem Quadrat der Temperatur und anderen Zahlenspielereien. Obgleich Alphonse de Candolle schon 1850 sehr gegründete Einwürfe gegen diese ganze Behandlungsweise, in welcher die Mitteltemperaturen eine ganz ungerechtfertigte Rolle spielten, machte, konnte er sich doch selbst so wenig von der herrschenden Meinung befreien, daß er sogar die Wirkungen des Lichts durch eine Aequivalentzahl von Temperaturgraden glaubte ausdrücken und so das hypothetische Temperaturgesetz der Vegetation retten zu können. Von diesem Standpunct aus schrieb Alphonse de Candolle seine zweibändige Pflanzengeographie 1855, in welcher übrigens ein reicher Schatz von Erfahrung und Literaturkenntniß zusammengestellt ist.

So lag denn fast Alles, was in der Phytodynamik von principieller Bedeutung ist, noch ungeklärt zu der Zeit, wo unsere Geschichte schließt; erst nachher wurden die Fragen unter neuen Gesichtspuucten wieder aufgenommen und jetzt ist die Diskussion derselben in vollem Fluß.

Namenregister.



